



ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ



ISIT 2019

ПРАЦІ
Міжнародної науково-практичної конференції

19 – 24 серпня 2019 року
Одеса, Україна

*Міністерство освіти і науки України;
Одеська Міська Рада
Одеський державний екологічний університет
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
Одеська державна академія технічного регулювання та якості
Харківський національний університет радіоелектроніки
Економічна академія "Д.А.Ценов", Болгарія
Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації КІП ім. Ігоря Сікорського
AGH науково-технологічний університет ім. Ст. Сташіца, Польща;
Університет Бельсько-Бяла, Польща;
Університет Північ, Республіка Хорватія;
Представництво "Польська академія наук" в Києві
Лодзький університет, Польща
Лодзький Технічний університет, Польща*

«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

праці

міжнародної науково-практичної конференції

19 – 24 серпня 2019 року

Одеса, Україна

**«INTELLECTUAL SYSTEMS
AND INFORMATION TECHNOLOGIES»**

proceedings

of the International Scientific and Practical Conference

2019, August, 19th to 24th

Odesa, Ukraine

Одеса

ТЕС

2019

УДК 004.89.03(062)
И 730

Наукові редактори: д.т.н., проф., Гунченко Ю.О. (ОНУ імені І.І.Мечникова)
к.т.н., доц., Фразе-Фразенко О.О., (ОДАТРЯ)

Матеріали статей опубліковані в авторській редакції

И 730 «Інтелектуальні системи та інформаційні технології»; матеріали статей міжнародної науково-практичної конференції, м. Одеса, 19 – 24 серпня 2019 року./ Одеський державний екологічний університет. – Одеса: ТЕС, 2019 –270 с.
ISBN 978-617-7711-43-7

Збірка містить праці Міжнародної науково-практичної конференції з інформаційних технологій, систем та засобів штучного інтелекту, обчислювальних машин, систем, мереж та їх компонентів, автоматизації систем та процесів керування, систем захисту інформації, кібернетики, управління проектами, електротехніки та телекомунікацій, інтелектуальних приладів та систем.

УДК 004.89.03(062)

ISBN 978-617-7711-43-7

© ОДЕКУ, ОНУ, ОДАТРЯ та автори

ЗМІСТ

<i>Суліко Асабашвілі</i> Захист Промислових Бездротових Мереж	8
<i>Mohamed Alkilani, Volodymyr Kobziev</i> Enhancing E-government Services by Using Cloud Computing	11
<i>Світлана Антощук, Юлія Трояновська</i> Методика Проектування Віртуальних Середовищ на Основі UML Діаграм та Мереж Петрі	15
<i>Ірина Азарова</i> Інформаційні Моделі Міст у Просторовому Розвитку	19
<i>Олексій Бабіч, Салім Калкаманов</i> Структурна Та Функціональна Схема Бортових Експертно-Консультуючих Систем Військових Літальних Апаратів	23
<i>Oleksii Bychkov</i> Lyapunov Stability of a New Class of Fuzzy Differential Equations	26
<i>Владимир Бескоровайнй, Ольга Шевченко, Оксана Драз</i> Моделирование Задачи Выбора Технологических Решений	31
<i>Владислав Білоцерковський, Лариса Чала, Вадим Шергін</i> Визначення Кореферентності Гендерних Займенників в Системах Автоматичного Аналізу Англomовних Текстів	36
<i>Borys Butvin, Yuriy Shtyfurak, Olga Zastelo</i> General Methodical Approach to Cognitive Modeling of Complex Dynamic Processes in AnyLogic-7.02 Environment Based on Kolmogorov Differential Equations System	39
<i>O.I. Chumachenko, K.D. Riazanovskiy, A.T. Kot</i> Analysis of the Modular Topology of Hybrid Neural Networks	41
<i>Judyta Ciemcioch, Grzegorz Ginda</i> Searching For Resilient Project Structure	45
<i>Г.М. Єрзієв</i> Синтез Активних П'єзоелектричних Фільтрів Нижніх Частот Методами Оптимізації Для САПР	50
<i>Mikołaj Grotowski, Jerzy Mikulik</i> Agent-Based Simulation of Human Behavior In the Case of Dangerous Events	53

<i>Юрій Гунченко, Сергій Шворов, Володимир Лукін, Віталій Межуєв</i> Інтелектуальна Система Керування Безпілотними Збиральними Комбайнами Енергетичних Культур	56
<i>Алла Гаврилова, Сергій Євсєєв</i> Аналіз Стану Захищеності Блокчейн-Проектів На Ринку Українських Сервісів.....	62
<i>Сергій Голуб, Ірина Жирякова, Світлана Куницька, Артем Авраменко</i> Методи Розвитку Моніторингових Інтелектуальних Систем	65
<i>Марія Голуб</i> Формування Словника Ознак Для Класифікації Україномовних Текстів В Інформаційній Технології Багаторівневого Інтелектуального Моніторингу	68
<i>Сергій Іванченко, Олександр Пучков, Євген Пелешок, Василь Некоз</i> Основні Джерела Технічних Каналів Витоку Інформації Та Обґрунтування Ризику Щодо Їх Убезпечення.....	71
<i>Ярослав Іванчук</i> Математичний метод оцінки ефективності технологічного процесу на базі вібраційного і віброударного обладнання	77
<i>Олена Кальніченко</i> Використання Проактивного Підходу В ІТ-Проектах	83
<i>Володимир Хорошко, Юлія Хохлачова, Ахмад Аясрах Расмі Алі</i> Забезпечення Безпеки В Кібернетичному Просторі	87
<i>Olena Kirik, Alla Yakovleva</i> Mathematical Modeling of Myocardium Phase Convergent Dynamics	89
<i>Іван Копиченко</i> Впровадження Регіональних Та Локальних Концепцій Електронної Демократії. Можливості Та Виклики	91
<i>Валерій Коваль, Олександр Самков, Володимир Слинько, Олександр Осінський, Руслан Камінський, Владислав Досенко</i> Експериментальні Дослідження Системи Автоматизованого Моніторингу Сигналів Міток Точного Часу.....	94
<i>Валерій Коваль, Віталій Лисенко, Микола Худинцев, Михайло Климаш, Дмитро Кальян, Борис Кравченко</i> Телекомунікаційні Технології Єдиної Національної Синхроінформаційної Системи	98
<i>Anastasiya Kovalenko, Viktor Volkov</i> Information Model for Potentially Detonative Object	102

<i>Svitlana Kuznichenko, Iryna Buchynska, Ludmila Kovalenko, Tetiana Tereshchenko</i> Integrated Information System for Regional Flood Monitoring Using Internet of Things	105
<i>V.I. Kyrychenko, V.E. Volkov</i> Problems of Automation of the Workflow Process in the Higher Education Institutions	110
<i>Андрій Левченко</i> Інформаційна Технологія З Перетворенням Різномірних Даних Для Прогнозування Стану Технічних Систем	113
<i>Володимир Лужецький</i> Високонадійні Математичні Фібоначчі-Процесори	118
<i>Alexander Makarenko</i> Toward the Methodology for Considering Mentality Properties in eGovernment Problems	123
<i>Igor Mazurok, Valerii Penko, Yevhen Leonchuk</i> Reliable High Bandwidth Decentralized Live Streaming	129
<i>Тетяна Меленчук, Наталія Арцибашева, Олександр Ілько</i> Підвищення Ефективності Роботи Транспортних Підприємств За Рахунок Використання Інноваційних Інформаційних Технологій В Логістиці	132
<i>Roman Melnyk, Ruslan Tushnytskyu</i> Compression and Multilevel Segmentation for Face Images by Piecewise Linear Approximation	135
<i>Piotr Milczarski, Artur Hłobaż, Paweł Maślanka, Bartosz Zieliński, Zofia Stawska, Krzysztof Podlaski, Piotr Kosiński</i> Carbon Footprint Calculation and Optimization Approach for CFOOD Project	139
<i>Александр Милов, Сергей Евсеев</i> Имитационное Моделирование Распределения Инвестиций В Системах Кибербезопасности	144
<i>Катерина Молодецька, Юрій Тимонін</i> Підхід до Моделювання Інформаційних Операцій в Соціальних Інтернет-Сервісах.....	146
<i>Ольга Мунтян, Максим Мунтян, Анатолій Яровенко</i> Інтелектуальна Система Підтримки Прийняття Лікарського Рішення	149
<i>Любомир Петришин, Віолета Цесьлік, Володимир Глущенко, Марина Костяк</i> Техніка Процесного Аналізу Розподілених Систем Управління	151
<i>Любомир Петришин, Віолета Цесьлік, Михайло Петришин</i> Візуалізаційне Моделювання Процесів в Розподілених Системах Управління	155

<i>Юрій Пігарев</i> Семантичний Рівень Архітектури Цифрового Врядування.....	160
<i>Сергій Положаєнко, Олег Рутковський</i> Інформаційна Технологія Аналізу і Математичного Моделювання Наливних Вантажів, що Перевозяться Залізницею	164
<i>Світлана Поперешняк</i> Методика Тестування Псевдовипадкових Послідовностей з Використанням Багатовимірної Статистики	167
<i>Наталя Пришляк</i> Підходи До Формування Проектів Управління Конверсії Біосировини На Виробництво Біопалива	171
<i>Nataliia Punchenko, Levkovska Mariia, Oleksandra Tsyra, Valentina Solodka, Galyna Kovalova</i> High-Precision Technologies for Hydro-Acoustic Studies of Complex Bottom Relief are One of the Areas of the Special Economic Zone of the High-Tech Park.....	176
<i>Алла Рачинська, Олександр Купчак</i> Моделювання Руху Квасітвердого Тіла під Дією Моменту Сил Світлового Тиску	179
<i>J. Rogowski</i> Acquisition of eWuś System Data in Android Application.....	182
<i>Вадим Рольщиков, Володимир Гоцульський, Юрій Мельник</i> Корелометр на Базі Мікроконтролера для Спектроскопії Оптичного Змішання	184
<i>Andrzej Rychlik</i> A Limit of Digitalization in 5G Technology Period.....	189
<i>Валерій Семенец, Владимир Безкоровайний</i> Количественная Оценка Предпочтений При Выборе Многокритериальных решений.....	194
<i>Юрій Щербина, Надія Казакова, Олексій Фразе-Фразенко, Любомир Пархуць, Сергій Шнайдер</i> Аналіз Атак У Сучасних Кіберфізичних Системах.....	198
<i>Viktor Sineglazov, Roman Pantyeyev, Ilya Boryndo</i> Intelligence System For Emotional Facial State Estimation During Inspection Control.....	202
<i>R. V. Skuratovskii, Williams A.</i> The Order of Projective Edwards Curve Over Finite Field	207
<i>Тетяна Смірнова, Олександр Дреєв, Олексій Смірнов</i> Формалізація Та Узагальнення Інформаційної Моделі Технологічних Операцій Зміцнення Та Відновлення Сталевих Поверхонь.....	211

<i>Н.В. Шаронова, І.В. Кириченко, Г.Ю. Терещенко</i> Проблеми і Перспективи Практичного Застосування Інформаційної Технології Blockchain в Smart-Контрактах	214
<i>Олександр Шумейко, Дмитро Кравцов</i> Локальні Біквдратні Слайни Та Їх Застосування.....	219
<i>Виктор Соловьев, Олег Рыбальский, Вадим Журавель, Александр Шабля</i> О Связи Классических Моделей С Бинарной Классификацией Объектов В Нейронных Сетях Глубокого Обучения	225
<i>Володимир Святний, Олександр Мірошкін, Георгій Маргієв</i> Розробка Паралельного Вирішувача Диференційних Рівнянь На Базі Блоквих Чисельних Методів	230
<i>Андрій Тітяпкин, Володимир Український</i> Автоматизація Процесів Створення Контурних Карт в Golden Software Surfer	235
<i>Діна Токарчук</i> Особливості Управління Проектами З Використання Відходів Для Забезпечення Енергетичної Автономії Аграрних Підприємств	238
<i>Denis Trček</i> APIs and Web Services Consolidation.....	241
<i>Олексій Циганенко, Сергій Євсєєв</i> Використання Збиткових Кодів В Крипто-Кодовій Конструкції Нідерайтера	244
<i>Serhii Udovenko, Артем Погорелов, Ольга Дудінова</i> Модифікований Метод Сегментації Бінаризованих Зображень	247
<i>Vyacheslav Vakas, Oleksandr Manko, Dmytro Domin, Nataliia Fedorova</i> NTP Monitoring In Modern Telecommunications.....	250
<i>Stanislav Velykodniy, Zhanna Burlachenko, Svitlana Zaitseva-Velykodna</i> Software for automated design of network graphics of software systems reengineering ...	253
<i>Alla Yakovleva, Oleksii Zenchuk</i> Application of Convolutional Neural Networks to Road Objects Recognition Under Noise Conditions	258
<i>Сергій Єгоров, Лариса Коряшкіна</i> Методика Комплексного Статистичного Аналізу Даних Медичних Спостережень та Її Програмна Реалізація	262
<i>Hennadii Bratchenko, Marin Milković, Iryna Seniva , Hennadii Smahliuk</i> Method For 3D Imaging Of Objects With Random Motion Components In InSAR	266

Захист Промислових Бездротових Мереж

Суліко Асабашвілі

кафедра автоматизованих систем та кібербезпеки
Одеська державна академія технічного регулювання та якості
Одеса, Україна
as.sulico@gmail.com

Protection of Industrial Wireless Networks

Suliko Asabashvili

dept. of Automated Systems and Cybersecurity
Odesa state academy of technical regulation and quality
Odesa, Ukraine
as.sulico@gmail.com

Анотація—У даній статті розкриті питання захисту промислових мереж на базі WI-FI від атак деавтентифікації, які призводять до повного припинення передачі даних від сенсорів та питання моніторингу периметру мереж.

Abstract— This article addresses the issues of protecting WI-FI-based industrial networks from de-authentication attacks that result in a complete cessation of data transfer from sensors and monitoring perimeter networks.

Ключові слова—деавтентифікація; сенсор; протокол; сертифікати

Keywords—deauthentication; sensor; protocol; certificates

I. ВСТУП

Бездротові мережі передавання даних все ширше використовуються у промисловості. У відповідності до концепції Industry 4.0 (четвертий етап промислової революції) та IoT (Internet of Things, Інтернет речей) взаємодія між приладами та пристроями в більшій мірі базується на використанні бездротових мереж. Виходячи з поточної динаміки розвитку, можна зробити висновок про те, що за кількістю і поширеністю бездротові мережі незабаром перевершать провідні мережі. Дана динаміка безпосереднім чином впливає на вимоги до захисту інформації в бездротових мережах. Основою будь-якої бездротової мережі служить її протокол[1]. Як правило, протокол регламентує топологію мережі, маршрутизацію, адресацію, порядок доступу вузлів мережі до каналу передачі даних, формат переданих пакетів, набір керуючих команд для вузлів мережі і систему захисту інформації. На рис. 1 показаний широкий вибір стандартів бездротового підключення.

Кожен із стандартів (протоколів) має свої сильні і слабкі сторони, але при належному підході до їх застосування, багато з них можуть бути, з урахуванням тих чи інших компромісів, успішно адаптовані для роботи в проектованому конкретному додатку.

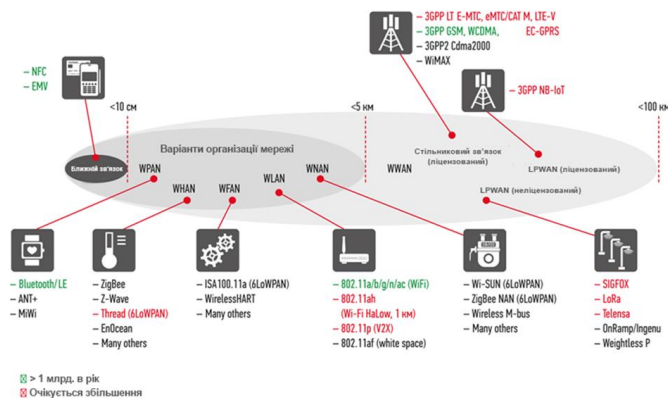


Рис. 1. Стандарти бездротових мереж

II. ПРОВЕДЕННЯ АУДИТУ ТЕСТОВОЇ WI-FI МЕРЕЖІ

Для проведення аудиту тестової Wi-Fi мережі KIVT_TESTNET використовувався програмний пакет Aircrack-ng та мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3 Model B. Метою експерименту є підтвердження гіпотези щодо повного припинення передачі даних від сенсора до сервера під час атаки з вектором деавтентифікації. Якщо клієнт (інтелектуальний сенсор) вже підключений до мережі – використовується утиліта aireplay, яка обриває сесію, тим самим змушує клієнта з'єднатися повторно: aireplay-ng -0 1 -a D4: CA: 6D: 8A: 17: FB -c A4: E4: B8: 49: E7: F3 wlan1, де: -a D4: CA: 6D: 8A: 17: FB – MAC точки доступу, -c A4: E4: B8: 49: E7: F3 – MAC клієнта. Якщо вказати параметру -0 значення 0, то клієнт не

зможє підключитися до мережі, на це вказує значення PWR (рис. 2), яке рівне нулю, тобто пакети не передаються.

Якщо у зловмисника ціль отримати доступ до бездротової мережі, то далі перехоплюються пакети із handshake, валідність якого перевіряється утилітою cowpatty.

```

pi@raspberrypi:~/waidps
CH 7 | Elapsed: 10 mins | 2018-06-20 02:39 | WPA handshake: D4:CA:6D:8A:17:FB
BSSID          PWR RXQ Beacons #Data, f/s CH MB ENC CIPHER AUTH ESSID
D4:CA:6D:8A:17:FB -6 100 6084 S1094 37 7 54e. WPA2 CCMP PSK KIVT_TESTNET

BSSID          STATION          PWR   Rate  Lost  Frames  Probe
D4:CA:6D:8A:17:FB A4:E4:B8:49:E7:F3 0    12e-1 26925 6307
D4:CA:6D:8A:17:FB 4C:80:93:0F:49:7A -49   0e-0e 6 48883
D4:CA:6D:8A:17:FB 4C:80:93:0F:49:7A -48   0e-0e 8 48917

pi@raspberrypi:~/waidps
$sudo airplay-ng -0 0 -a D4:CA:6D:8A:17:FB -c A4:E4:B8:49:E7:F3 wlan1
:39:06 Waiting for beacon frame (BSSID: D4:CA:6D:8A:17:FB) on channel 7
:39:06 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [A4:E4:B8:49:E7:F3] [131|112 ACKs]
:39:07 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [A4:E4:B8:49:E7:F3] [37|155 ACKs]
:39:07 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [A4:E4:B8:49:E7:F3] [96|118 ACKs]
:39:08 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [A4:E4:B8:49:E7:F3] [116|171 ACKs]
:39:09 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [A4:E4:B8:49:E7:F3] [79|162 ACKs]

```

Рис. 2. Виконання циклічної деавтентифікації

Для відображення тільки потрібної інформації (пакети рукоштовкання (four-way handshake)) у програмі Wireshark до захоплених даних був застосований фільтр за протоколом EAPOL (рис. 3).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
122941	203.823881	Routerbo_Ba...	Blackber_49...	EAPOL	155	Key (Message 1 of 4)
122958	203.837174	Blackber_49...	Routerbo_Ba...	EAPOL	155	Key (Message 2 of 4)
122964	203.841287	Routerbo_Ba...	Blackber_49...	EAPOL	189	Key (Message 3 of 4)
122966	203.844343	Blackber_49...	Routerbo_Ba...	EAPOL	133	Key (Message 4 of 4)

Рис. 3. Фрагмент чотирьоходового рукоштовкання

З оновленими стандартами 802.11w-2009 кадри управління за замовчуванням шифруються, але 802.11w рідко використовується на практиці, так як маршрутизатор і клієнтський пристрій чи інтелектуальний сенсор повинні підтримувати даний стандарт, інакше вони не зможуть підключитися до точки доступу.

Для захисту від примусової деавтентифікації на контролері активується 802.11w (Protected Management Frames, PMF) [2]. Даний режим запобігає атакам, спрямованим на примусове відключення клієнта від легітимної точки доступу та перепідключення до нелегітимної. При використанні 802.11w фрейми Disassociation, Reassociation, Deauthentication підписуються ключем, відомим тільки авторизованим клієнтам і легітимним точкам доступу. В результаті клієнт може визначити, отриманий даний фрейм від легітимної точки чи ні.

III. ЗАХИСТ WI-FI МЕРЕЖ ВІД ДЕАВТЕНТИФІКАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ МІКРОТІК

За захист Wi-Fi мережі в Mikrotik відповідають три вкладки: Access List (/ interface wireless access-list), Connect List (/ interface wireless connect-list), Security Profiles (/ interface wireless security-profiles).

У вкладці Security Profiles-General є параметр Management Protection (рис. 4) – захист від атак деавтентифікації і клонування MAC-адреси, який має наступні варіанти налаштування: disabled – захист управління відключений; allowed – дозволити використовувати захист, якщо це підтримується віддаленою стороною; required – потрібно для базової станції встановити зв'язок тільки з клієнтами які підтримують Management Protection. Для клієнтів – встановити зв'язок тільки з точками доступу які підтримують Management Protection.

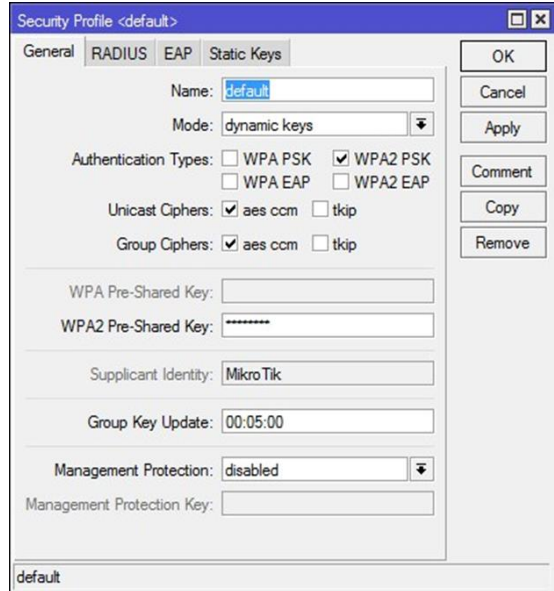


Рис. 4. Вкладка General-Security Profiles

У багатьох корпоративних Wi-Fi-мережах використовується режим безпеки WPA2-Enterprise, з автентифікацією за логіном і паролем. При цьому автентифікація здійснюється за допомогою RADIUS-сервера. ОС клієнта встановлює з'єднання з RADIUS-сервером, використовуючи шифрування за допомогою TLS, а перевірка справжності в основному відбувається за допомогою протоколу MS-CHAPv2.

Mikrotik має наступні налаштування WPA2-Enterprise:

- EAP Methods – метод EAP-автентифікації. Значення: eap-tls – використання вбудованої автентифікації EAP TLS. Клієнт і сервер підтримують сертифікати; eap tls mschapv2 – автентифікація EAP з ім'ям користувача і паролем; passthrough – точка доступу буде ретранслювати процес автентифікації на сервер RADIUS.
- TLS Mode – режим перевірки TLS. Значення: verify certificate – перевіряти сертифікат; dont verify certificate – не перевіряти сертифікати у клієнта; no certificates – не використовувати сертифікат, використовувати метод 2048 bit anonymous Diffie-Hellman key; verify certificate with

ctrl – перевіряти сертифікат за списками CRL (список анульованих сертифікатів SSL).

- TLS certificate – вказується безпосередньо сертифікат TLS.

IV. ТЕХНОЛОГІЇ МОНИТОРИНГУ WI-FI МЕРЕЖ

У Cisco є технологія CleanAir 2.0 [3] для виявлення і обходу радіоперешкод. Крім того, вона надає можливість моніторингу частотного спектру на предмет загроз інформаційній безпеці (атак типу DoS, піратських точок доступу). Технологія Cisco Rogue AP Containment дозволяє гасити сигнал ворожих точок доступу. Cisco CleanAir надає унікальні ідентифікатори для кожного джерела інтерференції, відображаючи рівні небезпеки і якості радіоефіру, коректно класифікує типи пристроїв і дозволяє відображати фізичний стан джерела на карті покриття мережі.

Motorola пропонує AirDefense Enterprise – систему запобігання бездротових вторгнень з безліччю цікавих можливостей. Це рішення дозволяє займатися моніторингом мережі, контролювати дотримання заданих політик, а також захищати кінцеві пристрої користувачів. Крім того, система знаходить неавторизовані підключення, і ґрунтуючись на планах приміщень, які захищаються з'ясовує фізичне місцезнаходження порушника.

Із безкоштовних рішень потрібно виділити утиліти Waidps та Nzume. Waidps здатна виявляти масові деавтентифікації, атаки з використанням ARP запитів, за допомогою Rogue AP и Evil_Twin, можливих атак перебором WPS. Nzume збирає фрейми 802.11 безпосередньо з ефіру і відправляє їх у систему управління журналом Graylog, що дозволяє використовувати її в якості IDS моніторингу та реагування на інциденти.

Слід відмітити, що Wi-Fi Alliance анонсував довгоочікуване третє покоління протоколу бездротової безпеки – Wi-Fi Protected Access (WPA3). WPA3 замінить існуючий WPA2 – протокол мережевої безпеки, який існує не менше 15 років і використовується мільярдами бездротових пристроїв кожен день [4]. Переломним моментом став жовтень 2017 року, коли дослідник Меті Ванхов (Mathy Vanhoef) виявив вразливість в протоколі WPA2, яка ставить під загрозу практично всі існуючі на даний момент мережі Wi-Fi. З її допомогою зловмисник може здійснити атаку реінсталяції ключів (Key Reinstallation Attack, KRACK) і отримати доступ до конфіденційних даних.

Новий стандарт безпеки Wi-Fi, який буде доступним як для персональних, так і для корпоративних бездротових пристроїв, повинен забезпечити підвищену конфіденційність за допомогою чотирьох нових можливостей:

- протокол WPA3 підвищить рівень конфіденційності користувачів у відкритих

мережах за допомогою індивідуального шифрування даних;

- запроваджено захист від атаки методом «грубої сили», що не дозволяє хакерам здійснювати кілька спроб входу в систему з використанням часто використовуваних паролів. Захисний механізм працює через блокування процесу автентифікації після того, як відбулося кілька безуспішних спроб авторизації;
- Впроваджена спрощена настройка для IoT-пристроїв. У WPA3 є можливість використовувати Wi-Fi пристрої, які розміщені поблизу один від одного, як конфігураційну панель для інших пристроїв;
- Запроваджено модернізований криптографічний стандарт для мереж Wi-Fi, так званий «192-розрядний пакет безпеки». Він буде орієнтуватися на Commercial National Security Algorithm (CNSA) Suite, створений Комітетом по системам національної безпеки (Committee on National Security Systems). Дане рішення призначається в першу чергу для мереж з більш високими вимогами безпеки.

V. ВИСНОВКИ

Отже, понад 95% пристроїв використовують вразливий стандарт 802.11, хоча нові пристрої підтримують більш нові стандарти. Результати експерименту підтвердили вплив атаки деавтентифікації на обмін даними між сенсорами та базовою станцією, що призводить до повного припинення обміну даними.

На базі обладнання від компанії MikroTik можливо створювати захищені WI-FI мережі з мінімальним бюджетом. Обладнання має функції Managment Protection – захист від атак деавтентифікації і клонування MAC-адреси, надійне шифрування та надання доступу за сертифікатами та може бути рекомендованим у промисловому секторі.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] ISO/IEC 26907 Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — High-rate ultra-wideband PHY and MAC standard.
- [2] Buttyran Levente, ro Czap Lraszl, Vajda Istvan. Pollution Attack Defense for Coding Based Sensor Storage Proceedings of the Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM), Anchorage, Alaska, USA, 2010.
- [3] Yeung R. W. A Security Condition for Multi-Source Linear Network Coding // IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT). Nice, France. 2007.
- [4] C. Kohlios and T. Hayajneh, "A Comprehensive Attack Flow Model and Security Analysis for Wi-Fi and WPA3", Electronics, vol. 7, no. 11, p. 284, 2018. Available: <https://www.mdpi.com/2079-9292/7/11/284/htm>.

Enhancing E-government Services by Using Cloud Computing

Mohamed Alkilani
Applied Mathematics Department
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
moh_alkilani@yahoo.com

Volodymyr Kobziev
Applied Mathematics Department
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
volodymyr.kobziev@nure.ua

Abstract— In today's time, the developing of e-government services and keep up with new technology tools become to play an important role in facilitating the provision of e-services at the doorstep to beneficiaries. Providing online services of government and make it reachable from beneficiaries became the aim of many governments, therefore many governments aim to develop government services by including cloud computing as a platform to provide services. This paper gives an overview of e-government players and cloud computing, as well as discusses how to enhancing e-government services by cloud computing.

Keywords— e-government, Cloud Computing, Process of Developing E-government system.

I. INTRODUCTION

Today's with the revolution of technology, the world is witnessing a major development in the provision of e-services by using cloud computing, perhaps one of the most prominent areas that have benefited from cloud computing services is e-commerce. The inclusion of cloud computing services in the development of e-government services has become play an important role to win beneficiaries' satisfaction. Cloud computing has many advantages such as performance, data recovery, cost saving, and reliability & availability. Enhancing e-government services by using cloud computing become very important to change the traditional system and provide all services of e-government over world wide web, easily and effectively.

However, this paper aims to find out and discusses the main stages to develop e-government system, and clarifying the data flow process to select the right tools of applying cloud computing successfully in providing e-government services. It is divided into 3 sections which are:

- [1] E-government concept,
- [2] Cloud computing concept,
- [3] Enhancing e-government services using cloud computing.

II. E-GOVERNMENT CONCEPT

The main concept of e-government is providing e-services by depending on technology tools and building an integrated system to providing an easy way for the beneficiaries to complete their needs anywhere at any time . On the other hand, the e-government can be defined as the use of technology tools as a platform for providing e-government services and increased the productivity of services for beneficiaries easily and accurately and efficiently. E-government contains several activities and services to different citizens and organizations in a variety of government services [1]. E-government identified four, main elements for e-government interaction [2]:

- Government-to-Government (G2G)

G2G is referring to the communication and exchange of data between the government components, such as departments and agencies.

- Government-to- Employees (G2E)

G2E refer to the relationship between the government and employees,G2E can be described as providing e-services environment to the employees of government such as online training and paying utilities.

- Government-to-Citizen (G2C)

G2C can be described as accessibility online to government services to retrieve needed information anywhere at any time.

- Government-to-Business (G2B)

G2B can be described as the interaction between the government and business. also can be defined as the ability of the government in providing services to the business sector such as registering businesses, payment of taxes and obtaining permits.

III. CLOUD COMPUTING CONCEPT

There is no doubt under the revolution of technology tools and the internet, many governments and privet sectors

become aims to developing its e-services to be easy to reach and at any time. Cloud computing one of the technology tools that give the ability to deliver computing services such as storage, databases, servers and software, to provide the e-services with all efficiently and fastly at any given time and no matter where they are [3]. Implementing e-government without clouds is an old technique and is not too much efficient.

A. The Advantages of Cloud Computing

The use of cloud computing in e-government is a big shift to change the traditional way of e-government services, and providing government services in a flexible way and easily [4]. The advantages of cloud computing are [4][5] :

- Performance: traditional system (Local server) in terms of delivering better services. Cloud computing performance depends on the use of complete components of the latest generation of hardware and software, that contributes to providing e-services over the worldwide network easily, efficiently and securely.
- Cost: cloud computing is contributing to reducing the cost of providing e-services, by eliminates the expense of buying hardware and software and the care of running and pay for electricity and cooling system.
- Reliability and Availability: cloud computing gives users the ability to access and get needed information at any time (24/7) no matter where they are.
- Data Recovery: cloud computing provides all needed tools to save data as well as all backup plan. In cloud computing, the data never be lost, because of the ability of restoring the lost data.

IV. ENHANCING E-GOVERNMENT SERVICES USING CLOUD COMPUTING

The rapid development of IT technology (hardware and software) has a significant impact on how data is transferred, analyzed and processed. Therefore, many governments aim to benefit from the development of ICT to improve e-services in general and e-government services in particular. The emergence of cloud computing technologies has led to major developments in e-government services which has made the information that beneficiaries need become more accessible. Figure 1 illustrate enhancing e-government services using cloud computing.

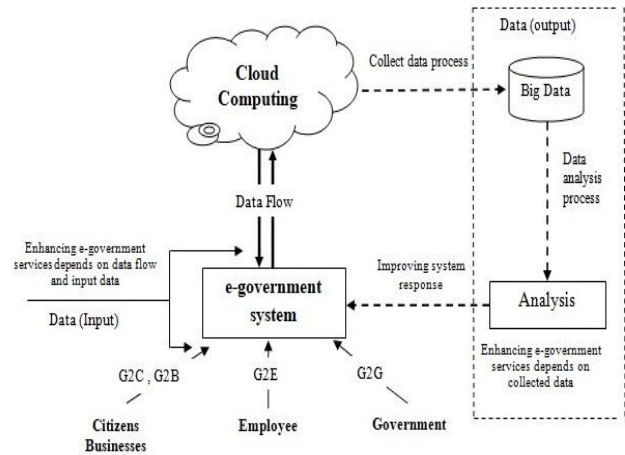


Fig 1. Enhancing e-government Services Using Cloud Computing

To ensure cloud computing is implemented in e-government services successfully, have to understand the stages of e-government developing system, and the process of data transfer and how. The understanding of these points helps decision-maker to enhance e-government services by providing needed tools such as (Hardware, Software) to providing e-government services successfully. However, using cloud computing to enhancing e-government services needs to clarify and understand the following points:

- Process of developing e-government system
- Data type
- Data flow process

A. Process of Developing E-government System

In e-government developing system process will be used IDEF0 to clarifying the main stages of the developing process, the following figure 2 illustrates the e-government developing system process

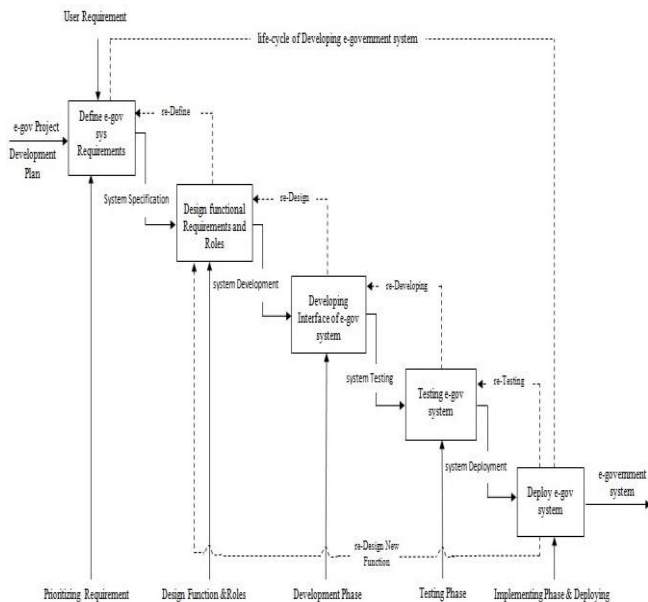


Fig 2. E-government Developing System

- Define the requirement of e-gov system: A System Requirement describes what is required to meet the users' requirement (Citizen, Admin). System requirements specify which actions the design must provide in order to benefit the system's users. The system requirements document (functional specification) should be precise. Should define exactly what is to be implemented. It also includes users of the system the system's services, constraints and goals. These requirements are described and defined in detail, serving as the system specification.
- Design functional requirements and roles: Designing the function of the system is a very important section to identify the permissions of each user on the system, designing the function of the system with its specific roles of each user contribute exchanging the data easily and fastly.
- Develop Interface of e-gov system: In the stage of developing the interface of the system, the design has to involve all the objects that a user sees and interacts with directly on their screen to complete a task or inquire. In the stage of designing interface, all the details must be taken into consideration such as colors, links, buttons and ... etc. The interface of the system is the channel between citizen and services providing (government).
- Testing e-gov system: This is the main focus of the life cycle of the system and is the longest stage of the system development life cycle, testing stage involves verifying that each unit meets its specification, and each function in the system meeting the requirement that designed for.
- Deploy e-gov system: This stage is the last stage in the developing system process and can be defined as the

implementation stage. Deploy stage come after the stage of testing, and confirm that the system meets the needed requirement, and all the functions of the e-gov system work together probable.

B. Data Type

The data type can be defined as a set of values, in the e-government system the data type values could be in different types, such as Numeric Types, Boolean Types, Character Types, also could be a photo. Understand the data type helps to enhance to system response, by identifying the right tools and needed software to process the data fastly.

C. Data flow process

The best method to understand the data flow process is using Data flow diagrams (DFD), can be described as the process of drawing data flow in the system, as well as a clarification the data transfer from the input to the end of a process [6]. Data flow diagrams give a clear action of the process of each function in the system. DFD has often been used due to the following reasons:

- 1) Understanding the process of the data flow of each function.
- 2) Determination of the logical data flow.

The following figure 3 illustrates an example of the data flow diagram for one of the main function in the system the Login function of an employee of the e-government system as an example to clarify the Data flow diagram process.

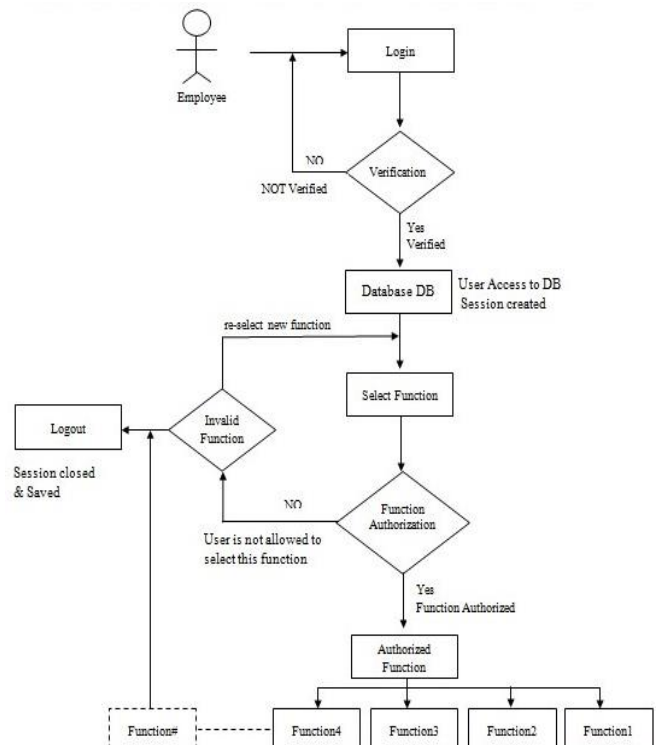


Fig 3. Data flow diagram process (Login Function)

However, the e-government system has many functions, each function has its own data flow process and data size. understanding the system functions and the size of data in the system helps to select the needed tools and software to use cloud computing to enhancing e-government services.

The e-government system processes a large amount of data. therefore, is very important to know the size of data to develop the e-government system in accordance with the size of these data, as well as require the right tools in cloud computing to providing e-government services easily and process data fastly.

V. CONCLUSION

Developing e-government services comes with a number of challenges that need to be addressed before they are implemented. This includes the implementation of cloud computing since it provides beneficiaries access to information as and when needed, anywhere at any time.

To ensure cloud computing grants quick access to e-government services, there is a need for a deep understanding of all components of e-government in the development system process.

However, clarifying and understanding the process of developing e-government system, data type, and data flow process, have a direct impact on decision-maker to choose the appropriate tools that are consistent with the size of data, as well as the implementation of necessary ICT tools. These ensure quick, simultaneous, and secure transfer of data.

REFERENCES

- [1] M. Al Kilani and V. Kobziev, "An Overview Of E-government Concept, ECONTECHMOD. AN INTERNATIONAL QUARTERLY JOURNAL, Vol. 06, No. 4, pp. 97-102,2017.
- [2] Ndou, "E – GOVERNMENT FOR DEVELOPING COUNTRIES: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES," *Electron. J. Inf. Syst. Dev. Ctries.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–24, 2004.
- [3] O. Ali, J. Soar, and J. Yong, "Impact of Cloud Computing Technology on E-Government," pp. 272–290, 2014.
- [4] A. Mosa, H. El-Bakry, and M. AbuElkheir, "Cloud Computing in E-Government: A Survey Cloud Computing in E-Government: A Survey," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [5] D. A. Rastogi, "A Model based approach to Implement Cloud Computing in E-Governance," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 9, no. 7, pp. 15–18, 2010.
- [6] H. A.-O. Ahmed Al-Omari, "E-Government Readiness Assessment Model Ahmed Al-Omari and Hussein Al-Omari," *J. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 11, pp. 841–845, 2006.

Методика Проектування Віртуальних Середовищ на Основі UML Діаграм та Мереж Петрі

Світлана Антошук
Кафедра інформаційних систем
Одеський національний політехнічний університет
Одеса, Україна
asg@opu.ua

Юлія Трояновська
Кафедра інформаційних систем
Одеський національний політехнічний університет
Одеса, Україна
troyanovskaja@gmail.com

Methods of Virtual Environment Design on Basis of UML Diagrams and Petri Nets

Svitlana Antoshchuk
Information System Department
Odessa National Polytechnic University
Odessa, Ukraine
asg@opu.ua

Yuliia Troianovska
Information System Department
Odessa National Polytechnic University
Odessa, Ukraine
troyanovskaja@gmail.com

Анотація—У статті представлена методика проектування віртуальних середовищ, яка передбачає використання алгоритмів обробки природної мови, діаграм UML і математичного апарату мереж Петрі. Проведено огляд існуючих методів автоматизації проектування, обґрунтован вибір використання UML-діаграм при проектуванні механіки віртуальних середовищ, а також мереж Петрі для їх статичного аналізу і динамічного моделювання. Робота цього методу демонструється на прикладі дизайну механіки гри «Змійка».

Abstract—The article presents the method of virtual environments design, which involves using of Natural Language Processing algorithms, UML diagrams and the mathematical apparatus of Petri nets. A review of existing design automation methods was carried out, the choice of using UML diagrams in mechanics design of virtual environments, as well as Petri nets for their static analysis and dynamic modeling, was justified. The work of this method is demonstrated on an example of mechanic design of the game "Snake".

Ключові слова— *Petri Nets; вивтуальні середовища; дизайн ігор; ігрова механіка; NLP.*

Keywords—*Petri Nets; virtual environments; game design; game mechanics; NLP.*

I. ВСТУП

В даний час зростає потреба в інструментах, призначених для створення віртуальних середовищ, які широко використовуються в різних областях людської діяльності [14]. Їх прикладами є інструменти для створення складних симуляторів, тренажерів, в ігровій індустрії, кіно, медицині, економіці, освіті [1], туристичній сфері [6]. Незважаючи на те, що на ринку є

програмне забезпечення, що спрощує процес проектування віртуальних середовищ, цей процес залишається погано формалізованим, потребує значних ресурсів як в розробці, так і в тестуванні. Текстовий опис сценаріїв віртуальних середовищ на етапі проектування вручну трансформується в моделі для подальшої реалізації. У той же час помилки проектування, як правило, виявляються на етапі тестування готового коду. У статті пропонується підхід до проектування віртуальних середовищ, який спрощує процес формалізації текстових сценаріїв ігор в модель, представлену мережами Петрі. Крім того використовується автоматичний перехід від моделі мережі Петрі до UML діаграм станів. Все це дозволяє скоротити час на реалізацію проекту, за рахунок автоматизації процесу моделювання і виявлення помилок на етапі проектування.

II. ПРОБЛЕМА

Метою статті є розробка методики проектування віртуальних середовищ на основі UML діаграм і мереж Петрі, для скорочення часу розробки, шляхом виявлення та усунення помилок на етапі проектування. Існують різні інструменти і методи проектування, що дозволяють швидко розробляти якісні віртуальні середовища, зокрема комп'ютерні ігри. Серед них найбільш широко використовуються діаграми UML, які не вимагають високого порогу знань для їх використання. Ці діаграми дозволяють легко встановити взаєморозуміння між розробником гри і замовником, тому вважаються найбільш затребуваними [3], [4]. Одним з основних етапів проектування гри є формалізація текстових сценаріїв механіки, отриманих на етапі формування

дизайн документа. Якщо правила представлені неточним описом, потрібно використовувати UML моделювання. У разі, коли сценарій сформульований точно може бути застосована формалізація на основі алгоритмів обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP), з подальшою трансформацією в файл на мові XML, який може бути переведений в модель мережі Петрі [17], [18].

Оскільки серед наведених вище прикладів віртуальних середовищ найбільш складними для розробки є комп'ютерні ігри, метод був протестований на прикладі механіки простої гри «Змійка».

III. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Різні аспекти автоматизації процесу проектування віртуальних середовищ в основному отримали розвиток в області створення комп'ютерних ігор. St'ephane Bura пропонує ідею створення ігрових діаграм за допомогою нестандартних мереж Петрі з кольоровими жетонами і інгібіторами, які можуть описувати складні процеси і стани системи з дуже невеликою кількістю елементів [5]. Joris Dormans продовжує ідею St'ephane Bura, він формалізує ігрову механіку, щоб дати зворотний зв'язок з розробниками ігор, що створюють прототипи своїх систем. Dormans використовує графічну формалізацію механіки на основі мереж Петрі [4].

Mark J. Nelson, Michael Mateas пропонують підхід до створення автоматизованого засобу підтримки розробки ігор, які на етапі проектування дозволяли б додавати і видаляти механіки ігор, аналізувати результати роботи гри і створювати гру. Гра представлена декларативно, що дозволяє вичерпно вивчити результат роботи гри на етапі дизайну. [7]

Game-o-matic є програмний продукт, здатний генерувати прості ігри на основі вхідних даних зі списком об'єктів, акторів і їх відносин. [8]

ANGELINA - це автоматизована система розробки ігор від початку до кінця, яка значно мінімізує процес проектування. Angelina створює ігри, відповідні її розуміння того, що таке добра гра. ANGELINA залежить від еволюційного методу навчання, його напрямку кооперативна коеволюція. [9]

Розглянуті підходи включають в себе різні аспекти автоматизації проектування і генерації ігор. Таким чином, аналіз літератури, присвяченої проектуванню віртуальних систем, показав, що автоматизація формалізації текстових сценаріїв механік віртуальних середовищ в графічній уявленні не розглядаються. Однак існують методи вилучення моделі бізнес процесів, використовуючих алгоритми NLP [19]. NLP в іграх частіше використовується для аналізу спілкування та публікацій користувачів [18]. Разом з цим існують методи проектування складних систем, які використовують UML-діаграми і мережі Петрі і можуть бути використані для широкого кола завдань [10], [15].

Запропонований нами метод проектування включає формалізацію текстових сценаріїв при досить повному їх описі, або формування UML діаграм, доповнюючи їх можливостями аналізу потокових мереж Петрі [2].

IV. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Основним інструментом при розробці будь-якого програмного продукту є використання діаграм UML [16]. У віртуальних ігрових середовищах також доцільно використовувати ці діаграми для аналізу сценарію поведінки системи, ідентифікації ігрових об'єктів, пов'язаної з ними механіки і моделювання поведінки з використанням діаграм стану або послідовності, а також інших діаграм, необхідних для опису і аналізу поведінки системи [3],[4],[10].

Для опису та математичного аналізу процесів з точками розгалуження і синхронізації взаємодії був розроблений апарат мереж Петрі. Класична мережа Петрі є спрямований двочастковий граф, з двома типами вузлів вершинами і переходами. Вузли з'єднані спрямованими дугами. З'єднання між двома вузлами одного типу не допускаються. Аналіз існуючих модифікацій мережі Петрі показав, що потокові (WF workflow) мережі Петрі найкраще відображають структуру UML діаграм станів і взаємодії. Мережі WF використовуються для перевірки графіків робочих процесів на наявність структурних конфліктів, таких як взаємоблокування і недоліки синхронізації. Структурні конфлікти відсутні, якщо мережа WF справна. [11]

Запропоновано таблицю відповідностей позначень, представлених діаграмами станів UML, і їх відображень елементами мережі Петрі [2]

Граф досяжності мережі Петрі є граф, такий, що його набір міток є безліччю досяжності, і існує дуга, позначена переходом t між двома вузлами, поміченими m і m' , якщо і тільки якщо перехід t може бути виконаний з m і ми досягаємо маркування m' . [13] У даній роботі використаний алгоритм побудови графа досяжності і трансформація його в діаграми станів на основі мережі Петрі. [12]

Інструмент моделювання мереж Петрі Woped (Workflow Petrinet Designer) призначений для проектування бізнес-процесів з точки зору мереж робочих процесів, загальне розширення мереж Петрі. Містить функцію, яка використовує алгоритми обробки природної мови (NLP) для перетворення текстового опису процесу в графічну модель процесу і навпаки. Вхідний рядок аналізується інструментом синтаксичного аналізу Stanford і розбивається на пропозиції і слова у відповідності з основними правилами граматики. Наступні кроки використовують дві семантичні бази даних WordNet і FrameNet4. Це головним чином визначає семантично релевантні елементи моделі текстового процесу (наприклад, актори, дії, бізнес-об'єкти). Результат записується в структуру даних під назвою WorldModel, де зберігаються всі елементи моделі і їх взаємозв'язки. WorldModel перетворюється в PNML, стандартне уявлення на основі XML для мереж робочих процесів. [17] Також ми отримуємо файл мовою BPEL (Business Process Execution Language) на основі XML для формального опису бізнес-процесів і протоколів їх взаємодії між собою.

V. МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ НА ОСНОВІ UML ДІАГРАМ ТА МЕРЕЖ ПЕТРІ

З огляду на представлені вище можливості аналізу мереж Петрі та формалізацію текстових описів бізнес процесів, запропонован метод проектування віртуальних середовищ, в якому UML-діаграми використовуються на етапі візуального моделювання. Пропонований спосіб складається з 6 етапів:

Етап 1. Формалізація тексового сценарію поведінки віртуального середовища в мережі Петрі. У разі успішного моделювання, переходимо до етапу 5.

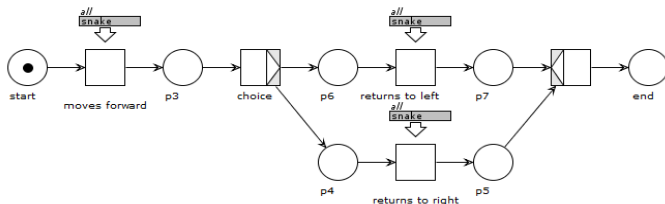
Етап 2. Формалізація сценарію віртуального середовища за допомогою UML діаграм станів [3],[4].

Етап 3. Переклад побудованої діаграми станів в мережу Петрі з використанням формальних правил перетворення.

Етап 4. Аналіз властивостей діаграм станів з використанням автоматизованих програмних пакетів для роботи з мережами Петрі.

Етап 5. Отримання графа досяжності (діаграма стану мережі).

Етап 6. Переклад отриманого дерева досяжності



Text:

The snake moves forward. The snake returns to right or it returns to left.

Рис.1 Формалізація тестового сценарію механіки в мережу Петрі. Інструмент Woped.

Реалізація методики проектування в разі вдалої формалізації текстового сценарію, включає наступні кроки:

- Формалізація сценарію механіки в мережу Петрі., рис.1,також був отриман сценарій мовою BPEL.
- Доопрацювання сценарію, для більш точного відображення процесу.
- Отримання графа досяжності.
- Переклад графа досяжності в діаграму станів.
- Реалізація засобами візуального автоматного програмування Unity 3D, плагін PlayMaker.

Реалізація даного методу зайняла 1 годину.

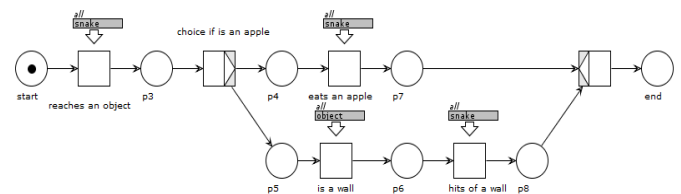
вершини діаграми станів, а переходи дерева - це переходи діаграми станів.

VI. ЕКСПЕРИМЕНТИ

Реалізація методики проектування в разі не точно описаного текстового сценарію, розглянуто в [3], включає наступні кроки:

- Формалізація сценарію гри. Побудова діаграм станів.
- Переклад побудованої діаграми станів в мережу Петрі.
- Аналіз властивостей діаграм станів з використанням автоматизованих програмних пакетів для роботи з мережами Петрі
- Виправлення помилок.
- Отримання графа досяжності.
- Переклад графа досяжності в діаграму станів.
- Реалізація засобами візуального автоматного програмування Unity 3D, плагін PlayMaker.

Реалізація даного методу зайняла 1,5 години.



Text:

The snake reaches an object. If object is an apple, the snake eats it. Otherwise if object is a wall, the snake hits of it.

VII. РЕЗУЛЬТАТИ

Таким чином, результати проектування віртуальних середовищ з використанням UML-діаграм і мереж Петрі були перевірені на прикладі гри «Змійка» [2], [3].

В результаті проектування була отримана діаграма станів. Використовуючи інструменти моделювання процесів на основі мереж Петрі, були виявлені помилки невідповідності між моделлю ігрової механіки і сценарієм. Діаграма стану була перероблена і реалізована. Весь процес створення механіки гри зайняв не більше 1,5 годин. Перевірка результатів методу, запропонованого в даній роботі на прикладі гри «Змійка», має й інші результати. В результаті формалізації сценарію був отриманий граф мережі Петрі. Граф досяжності, отриманий на основі мережі Петрі, був

переведений в діаграму станів. Діаграма стану була реалізована. Весь процес створення механіки гри зайняв не більше 1 години. Однак в цій роботі не визначені критерії точного і неточного текстового опису, тому скорочення часу, при вдалій формалізації текстового сценарію в мережі Петрі не є об'єктивною оцінкою переваг другого підходу.

Таким чином, проектування з використанням діаграм UML в поєднанні з мережами Петрі і NLP інструментами дає розробникам єдиний потужний інструмент проектування, що дозволяє автоматизувати процес формалізації сценарію в моделі мереж Петрі, дозволяє виявляти і усувати помилки на етапі проектування, що значно скорочує загальний час розробки.

VIII. ВИСНОВКИ

Все вищеописане дає підставу стверджувати, використання UML-діаграми та математичного апарату мереж Петрі є ефективним методом проектування віртуальних середовищ, в разі неточного опису ігрового сценарію, порушення послідовності виконання сценарію, невідповідності ігровій механіці сценарію.

У разі ж точного опису вихідного сценарію доцільно застосування NLP спільно з мережами Петрі. Інтегроване застосування діаграм станів і апарату мереж Петрі в процесі розробки ігрової механіки скоротить час на створення програмного забезпечення для віртуальних середовищ, скоротивши час на виявлення і усунення помилок на етапі проектування.

У наступних роботах буде проведено аналіз існуючих засобів формалізації сценаріїв віртуальних середовищ. Визначення правил, та алгоритмів написання сценаріїв для вдалої формалізації в графове представлення. Буде проаналізована можливість представлення механік віртуальних середовищ, як бізнес процесів, за допомогою отриманого VPEL. Буде розроблена інформаційна система проектування віртуальних середовищ.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Tassos A. Mikropoulos, Joan Bellou. The Unique Features of Educational Virtual Environments. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/268378370_The_Unique_Features_of_Educational_Virtual_Environments [accessed Jul 12, 2018].

[2] Antoshchuk Svitlana, Arsirii Olena, Blazhko Oleksandr, TroianovskaYuliia & LuhovaTetiana (2019). Method for Detecting Error in Design of Virtual Environment. The 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, September, 2019, Metz, France. in press

[3] Blazhko, O.A., Antonyuk, V.V., and Troyanovska, Y.L., Instrumental Features of Automata-Based Programming of Computer Games Management of Development of Complex Systems – 2018. № 35. – pp. 83-92. (inUkrainian)

[4] Dormans, Joris. "Simulating mechanics to study emergence in games." Workshops at the Seventh Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference. 2011. [Online]. Available:

<https://www.aaai.org/ocs/index.php/AIIDE/AIIDE11WS/paper/download/4093/4448>

[5] Stéphane Bura (2006, March). A Game Grammar [Online]. Available: <http://www.stephanebura.com/diagrams/>

[6] Svitlana Antoshchuk, Mykyta Kovalenko, Jürgen Sieck Creating an interactive musical experience for a concert hall //International Journal of Computing, 17(3) 2018, 143-152

[7] Mark J. Nelson , Michael Mateas Recombinable Game Mechanics for Automated Design Support. [Online]. Available: https://www.academia.edu/10214205/Recombinable_Game_Mechanics_for_Automated_Design_Support

[8] M. Treanor, B. Blackford, M. Mateas, and I. Bogost, "Game-o-matic: Generating videogames that represent ideas". [Online]. Available: <https://games.soe.ucsc.edu/game-o-matic-generating-videogames-represent-ideas>

[9] Michael Cook. "A Vision for Continuous Automated Game Design." [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/318813679_A_Vision_For_Continuous_Automated_Game_Design

[10] Воевода Александр Александрович, Марков Александр Владимирович Методика автоматизированного проектирования программного обеспечения функционирования сложных систем на основе совместного использования UML-диаграмм и сетей Петри // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. №2 (42). [Online]. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-programmnogo-obespecheniya-funktsionirovaniya-slozhnyh-sistem-na-osnove-sovmestnogo>

[11] R. Adam, V. Atluri, and W. Huang. Modeling and Analysis of Workflows using Petri Nets. Journal of Intelligent Information Systems, 10(2):131–158, 1998.

[12] Wil van der Aalst "Courses.Coverability Graph and Fairness". [Online]. Available: <http://www.wis.win.tue.nl/~wvdaalst/old/courses/BIScourse/BIS-11-coverability-fairness.pdf>

[13] Alain Finkel. The Minimal Coverability Graph for Petri Nets. Conference: Advances in Petri Nets 1993, Papers from the 12th International Conference on Applications and Theory of Petri Nets, Gjern, Denmark, June 1991 [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/220783672_The_Minimal_Coverability_Graph_for_Petri_Nets [accessed May 01 2019]

[14] Федорищев Леонид. МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СЕРВИСЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ ОБЛАЧНЫХ СРЕД. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. [Online]. Available: <http://portfolio.vvsu.ru/files/5EE8EB09-DBAC-4CD2-A4A6-7FEE45C94293.pdf>

[15] Distefano, Salvatore, Marco Scarpa, and Antonio Puliafito. "From UML to Petri nets: The PCM-based methodology." IEEE Transactions on Software Engineering 37.1 (2011): 65-79. DOI: 10.1109/TSE.2010.10

[16] Buch, G., Rambo, D., & Jacobson, I.(2006). Language of the UML. User guide. 2nd ed. Moscow, Russia.: DMK Press, 496. (in Russian)

[17] Workflow Petri Net Designer. Publications. [Online]. Available: https://woped.dhbw-karlsruhe.de/?page_id=24

[18] Davide Picca, Dominique Jaccard, Gérald Eberlé.(2015) Natural Language Processing in Serious Games: A state of the art. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/282532271_Natural_Language_Processing_in_Serious_Games_A_state_of_the_art/stats

[19] Konstantinos Sintoris, Kostas Vergidis (2017). Extracting Business Process Models Using Natural Language Processing (NLP) Techniques. IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI). [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/319218771_Extracting_Business_Process_Models_Using_Natural_Language_Processing_NLP_Techniques

Інформаційні Моделі Міст у Просторовому Розвитку

Ірина Азарова

кафедра проектного менеджменту

Одеський регіональний інститут державного управління Національної академії управління при президенті України

Одеса, Україна

azarovairene@gmail.com

City Information Models in Spatial Development

Irina Azarova

dept. of Project Management

Odessa Regional Institute for Public Administration of the National Academy for Public Administration under the President of Ukraine

Odessa, Ukraine

azarovairene@gmail.com

Анотація—Дослідження присвячене принципам формування інформаційних моделей міст України з метою подальшої оцінки сталості розвитку міських систем на базі отриманих моделей. Запропоновані принципи побудови інформаційних моделей, на відміну від існуючих, дозволяють врахувати вимоги українського містобудівного законодавства

Abstract— The research is devoted to the formation principles of city information models in Ukraine in order to further urban systems sustainability assessing given on the basis of the obtained models. Unlike the existing ones, the proposed principles of creating information models include requirements of Ukrainian city-planning legislation.

Ключові слова—інформаційні моделі міст; CityGML; сталий розвиток; модельний підхід

Keywords—City Information Models; CityGML; Sustainable development; model approach

I. ВСТУП

Концепція сталого розвитку, що отримала широку популярність останнім часом в світі у багатьох сферах діяльності, в нашій країні зараз знаходиться у стані формування свого методологічного апарату.

Комплексні задачі щодо сталого розвитку нашої держави були розроблені у Національній доповіді «Цілі сталого розвитку: Україна» [1], де наведено адаптовані з урахуванням специфіки національного розвитку України 17 глобальних цілей, визначені Самітом «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року».

Загальну мету стратегічного розвитку міст України викладено у «Концепції сталого розвитку населених пунктів» [2]. А забезпечення сталого розвитку населених пунктів нашої держави було проголошено основним завданням регулювання містобудівної діяльності ще у 1992 році з прийняттям закону України «Про основи містобудування» [3].

Але, в нашій країні, поки що, сталий розвиток залишається загадковим поняттям, про яке багато хто чув, проте, мало хто точно скаже що воно означає. Навіть у вітчизняних законах цим терміном визначають то підвищення стандартів життя до європейського рівню у поєднанні з розвитком за векторами безпеки, відповідальності та гордості [4], то «...соціально-економічний розвиток» [5], то екологічну безпеку, і так далі. Хоча за класичною концепцією сталого розвитку, останній досить чітко визначається як «...соціально, економічно і екологічно збалансований розвиток...» [2], головною проблемою концепції все одно залишається проблема вимірювання та оцінки сталості розвитку в цих трьох сферах.

Двома головними підходами оцінки сталості розвитку складних систем в світі зараз є індикативний та модельний підхід. При цьому жодний з них не має будь-якої офіційної методологічної формалізації у вітчизняному законодавстві.

Перший є підходом, що передбачає виконання оцінки сталості розвитку системи за результатами моніторингу певних показників – індикаторів. Проблеми даного підходу пов'язані, перш за все, зі складністю і суб'єктивністю відбору та вимірювання даних показників. На сьогодні поки що не існує єдиної загальноновизначеної

системи показників, а також формалізованої методики оцінки сталості розвитку тієї чи іншої системи на підставі таких показників.

Модельний підхід пропонує методику оцінки сталості розвитку систем на підставі математичних комп'ютерних моделей. Дослідження з модельного підходу беруть свій початок ще з 1968 року та пов'язані з діяльністю так званого «Римського клубу», який надав можливість Джею Форрестеру розробити із застосуванням передової на той час комп'ютерної техніки модель «World-1». Підготовлений за результатами сценарного аналізу на базі цієї моделі доклад «Межі зростання» проголосив, що розвиток світової системи зміниться найближчим часом занепадом унаслідок вичерпання природних ресурсів. Доклад викликав досить широкий резонанс в науці та у суспільстві. Ідея моделювання планетарної системи отримала свого подальшого розвитку у працях Д. Медоуза, О.Л. Кузнєцова, П.Г. Кузнєцова, Б.Е. Большакова та багатьох інших науковців.

Не зважаючи на те, що модельний підхід завжди жорстко критикувався деякими вченими через його головний принцип прогнозування динаміки розвитку системи на базі минулих тенденцій та показників, без можливості урахування впливу на розвиток інновацій чи науково-технічного прогресу, він все ще лишається досить популярним інструментом у міському плануванні та сіті-менеджменті.

Так, еволюція широко відомих в нашій країні технологій інформаційного моделювання будівель (від англ. – Building Information Modelling, далі - BIM) за кордоном призвела до появи так званих технологій інформаційного моделювання міст (від англ. – City Information Model, далі - CIM), що стали логічним продовженням модельного підходу до оцінки міського розвитку.

Однак, в нашій країні CIM є мало відомими технологіями, що потребуватимуть значних адаптацій їх застосування, принаймні, через особливості вітчизняного містобудівного законодавства.

Тому актуальною метою цього дослідження було обрано визначення базових принципів формування інформаційних моделей міських територій в Україні для подальшої формалізації методології оцінки сталості розвитку територіальних систем на базі означених моделей.

II. ОСНОВИ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МІСТ

Дослідження розробок закордонних вчених щодо інформаційного моделювання територій дозволило адаптувати їх до вітчизняного містобудівного, земельного, екологічного, пам'ятко-охоронного та іншого законодавства у галузі, та виділити наступні складові CIM для територій України, що наведені на рис. 1.

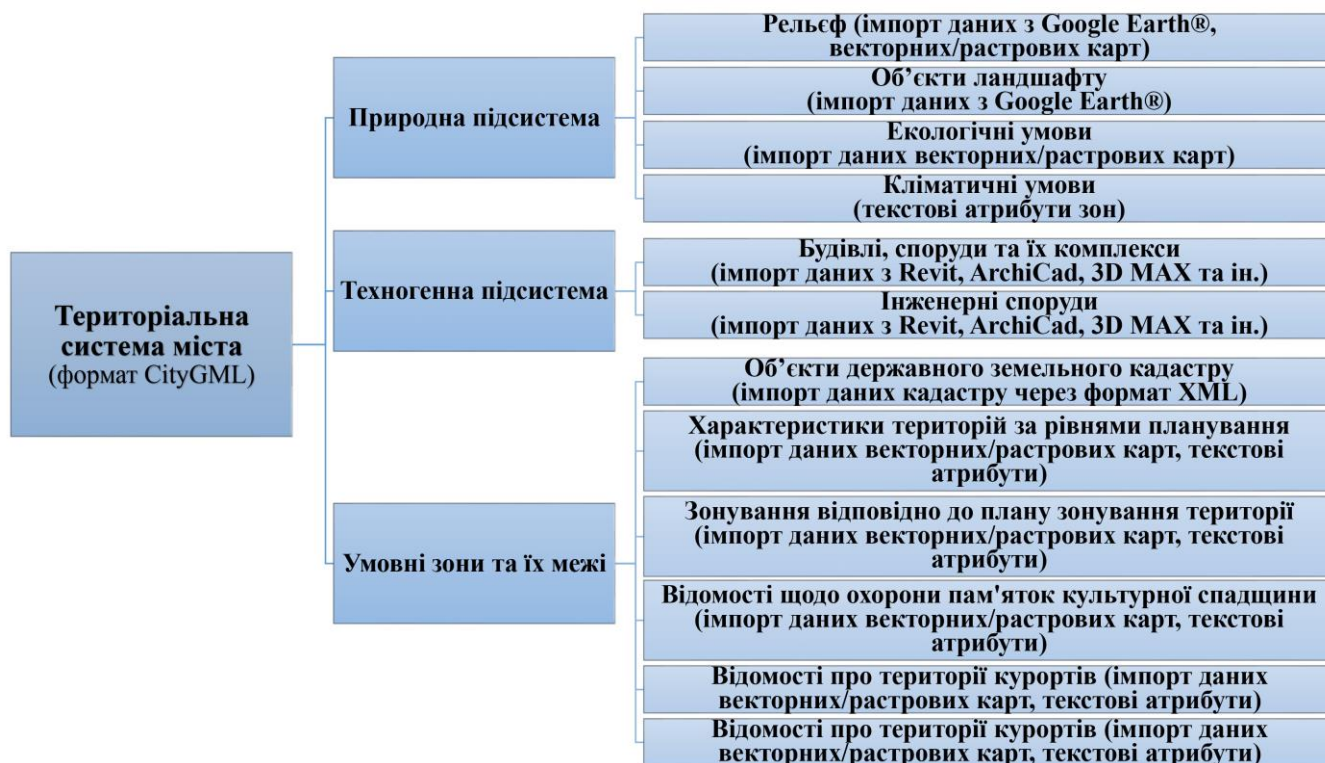


Рис. 1. Складові територіальних систем України в інформаційних моделях міст (CIM), та формат представлення даних в моделі за складовими.

Як бачимо з рис. 1, міська територіальна система може бути представлена як сукупність природної підсистеми, техногенної підсистеми, та підсистеми умовних зон, що не являються реальними об'єктами міського оточення, проте, формують систему обмежень використання міських територій.

На рис. 1 природна підсистема є сукупністю об'єктів та явищ у навколишньому оточенні, що мають природне походження, включаючи й ті, що були змінені діяльністю людини. А саме - водойми та зелені насадження, рельєф та висотні відмітки точок, їх просторові координати, водні об'єкти та їх межі, інші нетехногенні складові ландшафту, кліматологічні, ґрунтові, сейсмічні та екологічні характеристики, та др. Для представлення даних по об'єктам природної підсистеми можуть використовуватись наступні формати. Наприклад, для відображення просторових даних та рельєфу можуть бути використані як звичайні векторні або растрові карти, так і мова розмітки географії (англ. Geography Markup Language, GML). Останнім часом були описані також деякі можливості застосування сервісів Google Earth® для моделювання рельєфу з подальшим представленням моделі рельєфу у СІМ [6].

Техногенна підсистема формується сукупністю об'єктів, які були створені людиною, включаючи існуючі та спроектовані будівлі і споруди, інженерні та транспортні мережі, тунелі, мости, гідротехнічні споруди та ін. Такі об'єкти міського середовища, як будівлі та інші архітектурні моделі, можуть також розроблятися у форматах ArchiCAD або Autodesk Revit. 3D Max може бути використаний для 3D-моделювання об'єктів загального призначення, інших інженерних та транспортних споруд, малих архітектурних форм та міських меблів, як це було реалізовано, наприклад, в інформаційній моделі міста Берлін [7]. Альтернативним форматом представлення цих об'єктів може бути також

описаний стандартом ISO/IEC 19775-1 формат X3D, що є «нащадком» формату VRML (від англ. Virtual Reality Modelling Language), який пропонує повноцінну роботу з тривимірними об'єктами з певними атрибутами в режимі «реального часу».

Умовні зони та їх межі включають межі земельних ділянок, розміщених на території міста, та їх цільове призначення, адміністративні межі територіальних одиниць та районів, межі зон міста за планом зонування територій населених пунктів, межі заповідників та історичних ареалів, і т.д. Для представлення цих видів об'єктів у СІМ можуть бути використані як векторні, так і растрові карти з призначеними відповідним зонам атрибутами – обмеженнями щодо режимів використання територій, їх площ, статусу і т.д.

Всі ці підсистеми із складовими елементами та їх атрибутами можуть бути зібрані в єдину інформаційну модель, наприклад, за допомогою CityGML - першої відкритої моделі даних на базі XML-формату зберігання та обміну віртуальними 3D моделями міста і ландшафтів.

Побудована за визначеними вище принципами комплексна інформаційна модель міста може бути використана для різноманітних задач міського планування та управління, у тому числі - для оцінки сталості розвитку відповідної територіальної системи.

III. ОЦІНКА СТАЛОСТІ РОЗВИТКУ МІСЬКОЇ СИСТЕМИ

На основі запропонованої у попередніх дослідженнях автора моделі оцінки сталості розвитку міських систем [8], за показниками індикаторів розвитку міста у соціальній, економічній та екологічній сферах (див. рис. 2), що будуть закладені у СІМ у вигляді певних атрибутів об'єктів, можна здійснити оцінку сталості розвитку міста в цілому, або окремих його територій.

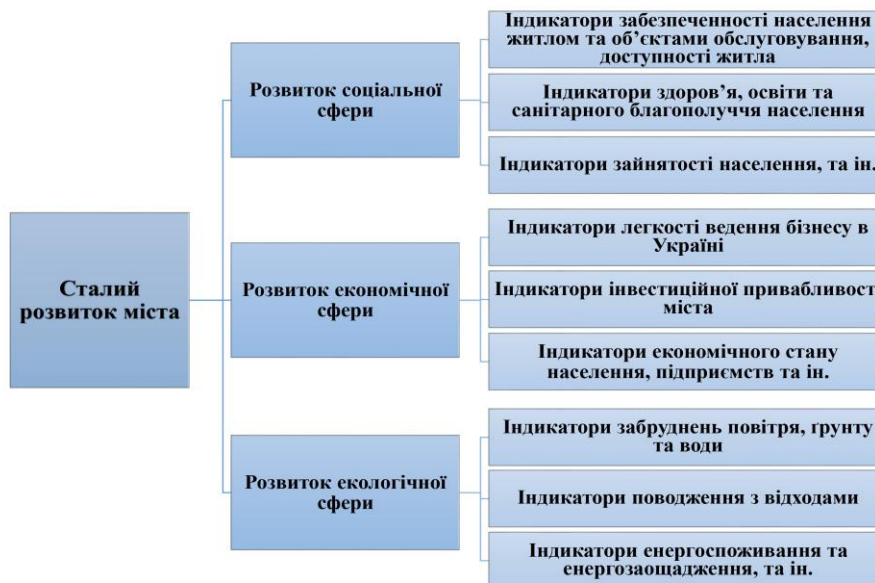


Рис. 2. Приблизний перелік індикаторів розвитку міста у соціальній, економічній та екологічній сферах для оцінки сталості розвитку.

Формування переліку індикаторів за кожною з сфер сталого розвитку українських міст може бути здійснене за методом експертних оцінок. Деякі з подібних індикаторів та відповідні методики їх вимірювання були запропоновані та випробувані закордонними фахівцями [9].

IV. ВИСНОВКИ

В ході проведеного дослідження було сформульовано базові принципи побудови інформаційних моделей міських систем для територій України.

На базі аналізу вітчизняного містобудівного, земельного, екологічного, пам'ятко-охоронного та іншого законодавства у галузі, було виявлено перелік основних підсистем міської системи та сформульовано визначення для кожної з цих підсистем.

Далі виконано декомпозицію міських підсистем до рівню їхніх складових, а також встановлено формати представлення даних про ці складові в інформаційній моделі міста. Визначено також формат для створення єдиної інформаційної моделі міської системи.

Атрибути складових об'єктів міської системи структуровано за їх призначенням у соціальній, економічній та екологічній сфері, що дозволить виконати аналіз сталості розвитку міської системи на базі розробленої за наведеними принципами інформаційної моделі міста.

Все це свідчить, що мета дослідження досягнута у повному обсязі. Напрямоком подальших досліджень може виступити практичне впровадження запропонованих принципів побудови інформаційних моделей для створення СІМ одного з вітчизняних населених пунктів.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Цілі сталого розвитку: Україна: Національна доповідь 2017. – 2017. – 176 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf
- [2] Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів: Постанова Верховної Ради України від 24.12.1999 № 1359-XIV [Електронний ресурс]. - Верховна Рада України. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1359-14>
- [3] Про основи містобудування : Закон України від 16.11.1992 № 2780-XII [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2780-12>
- [4] Про Стратегію сталого розвитку "Україна - 2020": Указ Президента України від 12.01.2015 № 5/2015 [Електронний ресурс]. - Верховна Рада України. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015>
- [5] Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року: Закон України від 21.12.2010 №

- 2818-VI [Електронний ресурс]. - Верховна Рада України. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>
- [6] Import any 3D geometry (like Google Earth terrain) to Revit environment via Memento and Recap [Online]. Available: <https://www.is/import-any-3d-geometry-like-google/>
- [7] Döllner, J., Kolbe, T., Liecke, F., Sgouros, T. & Teichmann, K. (2006). The virtual 3D city model of Berlin - Managing, integrating, and communicating complex urban information. Proceedings of the 25th Urban Data Management Symposium UDMS. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/228352293_The_virtual_3D_city_model_of_Berlin_Managing_integrating_and_communicating_complex_urban_information/download
- [8] Азарова И.Б. Модель оценки устойчивости развития городов / И.Б. Азарова, Д.И. Ярошук // Управление развитием сложных систем, 2018. № 34. С. 6 – 12.
- [9] Nations Commission on Sustainable Development, United. (1996). Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies. [http://ist-iiiep.iiiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/\[in=epidoc1.in\]/?t2000=009227/\(100\)](http://ist-iiiep.iiiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/[in=epidoc1.in]/?t2000=009227/(100)).

REFERENCES

- [1] Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. (2017). "Sustainable Development Goals: Ukraine: National Report 2017" [Online]. Available: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf
- [2] The Verkhovna Rada of Ukraine. (1999). "On the Concept of Sustainable Development of Settlements," Resolution No. 1359-XIV dated December 24, 1999. [Online]. Available: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1359-14>
- [3] The Verkhovna Rada of Ukraine. (1992). "On the Basics of Urban Development," The Law of Ukraine No. 2780-XII dated November 16, 1992. [Online]. Available: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2780-12>
- [4] President of Ukraine. (2015). "About the Strategy of Sustainable Development "Ukraine 2020"," Decree № 5/2015 dated January 12, 2015. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015>
- [5] The Verkhovna Rada of Ukraine. (2010). "About the Basic Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine for the Period till 2020," Law No. 2818-VI dated December 21, 2010. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>
- [6] L. Johnson. (2015). Import any 3D geometry (like Google Earth terrain) to Revit environment via Memento and Recap [Online]. Available: <https://www.is/import-any-3d-geometry-like-google/>
- [7] J. Döllner, T. Kolbe, F. Liecke, T. Sgouros, and K. Teichmann, "The virtual 3D city model of Berlin - Managing, integrating, and communicating complex urban information," Proceedings of the 25th Urban Data Management Symposium UDMS. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/228352293_The_virtual_3D_city_model_of_Berlin_Managing_integrating_and_communicating_complex_urban_information/download
- [8] I.B. Azarova, "Urban Sustainability Assessment Model," Managing the development of complex systems, vol. 34, pp. 6 – 12, 2018.
- [9] Nations Commission on Sustainable Development, United. (1996). Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies. [http://ist-iiiep.iiiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/\[in=epidoc1.in\]/?t2000=009227/\(100\)](http://ist-iiiep.iiiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/[in=epidoc1.in]/?t2000=009227/(100))

Структурна Та Функціональна Схеми Бортових Експертно-Консультуючих Систем Військових Літальних Апаратів

Олексій Бабіч

*науковий центр Повітряних Сил
Харківський національний університет Повітряних
Сил
Харків, Україна
aleksey19807@gmail.com*

Салім Калкаманов

*кафедра тактики авіації
Харківський національний університет Повітряних
Сил
Харків, Україна
kalkamanov.sa@gmail.com*

Structural And Functional Scheme of Airborne Expert-Advisory System of Military Aircraft

Oleksii Babich

*Air Force Science Center
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
Kharkiv, Ukraine
aleksey19807@gmail.com*

Salim Kalkamanov

*dept. of Aviation Tactics
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
Kharkiv, Ukraine
kalkamanov.sa@gmail.com*

Анотація—Пілотові сучасного літака необхідно досконало знати причини понад 50 відмов пілотажно-навігаційних приладів і систем літального апарату. На тлі високого нервово-емоційного напруження, викликаного відмовою техніки або роботою винищувальної авіації та засобів протиповітряної оборони противника, пілоту потрібно своєчасно виявити несправність, оцінити обстановку, прийняти єдине правильне рішення і реалізувати його у відповідних діях в суворій послідовності відповідно до інструкції. Все це слід виконати в гранично стислі часові інтервали.

Сучасна розробка літаків неможлива без системи, в якій всі системи були інтегровані на основі єдиного бортового обчислювача і створення інтуїтивно зрозумілої індикації, в якій вся інформація від систем збиралася б воедино та аналізувалася і видавала рішення пілоту для якоїсь типової ситуації, тому великі надії покладають на розвиток бортових експертно-консультуючих систем (БЕКС).

Представлено структурну та функціональну схему бортових експертно-консультуючих систем. Структурна схема БЕКС складається з модулю зберігання і обробки даних, модулю зберігання і використання моделей, підсистеми керування інтерфейсом. Про кожні значимі для виконання типових бойових ситуацій проблемної узагальненої ситуації БЕКС виробляє для екіпажу рекомендації по її вирішенню з короткими поясненнями, які з'являються на інформаційно-керуючому полі кабіни екіпажу і супроводжуються мовними інформаторами.

Прийняті кроки, які повинні враховувати конструктори БЕКС. Визначено та обґрунтовано різницю в схемах систем управління літаком на основі інтегрованої системи активного управління в нормальному польоті та в умовах впливу противника.

Представлено модель прийняття рішень, яка включає шість основних, циклічно повторюваних етапів.

Abstract—Modern aircraft development is impossible without a system in which all systems parts have been integrated on the basis of a single on-board calculator. The creation of an intuitive display in which all information from the systems will be combined and analyzed to provide a pilot solution for the typical situation. It is therefore important to develop on-board systems for forecasting information.

Structural and functional scheme of airborne expert-advisory system is presented. The block diagram of airborne expert-advisory system (hereinafter the "AEAS") consists of a module of storage and processing of data, module for storage and use of models, subsystem management interface. AEAS makes the crew recommendations for solution for each significant to implement typical battle conditions for problematic general situation. There are short explanations that appear on the information control screen of cabin and it is accompanied by linguistic informants.

Steps were initiated should take into account by AEAS designers. The difference in aircraft control systems based on an integrated active control system in the normal flight and in

conditions of the enemy's influence was determined and grounded. The model of decision making, which includes six main, cyclically repeating stages, is presented.

Ключові слова—бортові експертно-консультуючі системи, літальний апарат, база знань, прийняття рішення, типова ситуація, рекомендація, проблемна ситуація, структурна схема БЕКС, функціональна схема БЕКС.

Keywords—airborne expert-advisory systems, aircraft, knowledge base, making a decision, typical situation, recommendation, problem situation, AEAS structural scheme, AEAS functional scheme

I. ВСТУП

У доповіді наведена структурна та функціональна схема бортових експертно-консультуючих систем (БЕКС) військових літальних апаратів.

Пілотові сучасного літака необхідно досконало знати причини понад 50 відмов пілотажно-навігаційних приладів і систем ЛА. На тлі високого нервово-емоційного напруження, викликаного відмовою техніки або роботою винищувальної авіації та засобів протиповітряної оборони противника пілоту потрібно своєчасно виявити несправність, оцінити обстановку, прийняти єдине правильне рішення і реалізувати його у відповідних діях в суворій послідовності відповідно до інструкції. Все це слід виконати в гранично стислі часові інтервали.

Незважаючи на широке застосування автоматизації, досить вагомим і складним залишається проблема просторової дезорієнтації пілота. Рядом авторів відзначається низька професійна надійність льотного складу на найбільш складних етапах польоту і існуюча тенденція до її зниження. Даний факт пов'язується з психофізіологічними перевантаженнями каналів надходження інформації на різних етапах польоту [1].

II. СТРУКТУРНА СХЕМА БЕКС ТА ЗАВДАННЯ, ЯКІ ВИРІШУЄ ЕКІПАЖ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЇ

У зв'язку з вище викладеними факторами багато країн та конструкторських бюро прийшли до висновку, що

потрібна система в яку інтегрувались всі системи на основі єдиного бортового обчислювача і створення інтуїтивно зрозумілої індикації, в якій вся інформація від систем збиралася б воедино та аналізувалась і видавала рішення пілоту для якоїсь типової ситуації, тому великі надії покладають на розвиток бортових експертно-консультуючих систем. Аналіз відкритої літератури [2] показав, що структура БЕКС повинна складатися "Рис.1":

- модулю зберігання і обробки даних;
- модулю зберігання і використання моделей;
- підсистема керування інтерфейсом, до якої входить:

1) програмні модулі керування базами даних. Системи керування базами даних (СКБД) використовуються для звернення до даних, що містяться в базі даних (БД), і маніпулювання ними. СКБД здійснює доступ до даних, їх ведення, їх зміну і видалення. Модуль управління базами даних використовує СКБД для складання звітів, виконання аналізу даних за допомогою запитів і т.д.

2) програмні модулі керування базами моделей. Системи керування базами моделей (СКБМ) забезпечують маніпулювання моделями: аналіз, інтерпретація, оцінка, зв'язок компонентів. Моделі можуть бути аналітичними, математичними, статистичними і т.д.

3) модуль керування діалогом, що забезпечує інтерфейс діалогу комп'ютера і користувача або через команди меню, або через інтерфейс з графічними засобами діалогу з системою, або через адаптивний, що дозволяє підлаштовуватися до зовнішніх змін в системі, інтерфейс.

У деяких БЕКС може також бути база знань і система керування базами знань.

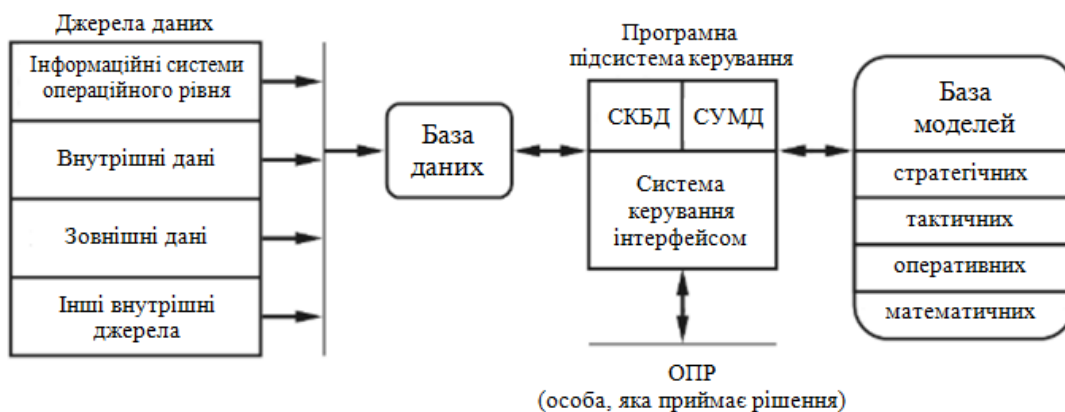


Рис. 1. Структурна схема БЕКС

Основні завдання, які будуть вирішуватись членами екіпажу (льотчиком) ЛА за допомогою БЕКС, наступні:

- прокладка та контроль маршруту;
- взаємодія з іншими літаками групи і пунктами наведення;
- прицілювання при застосуванні всіх видів озброєння;
- виявлення і розпізнавання наземних, надводних, підводних та повітряних цілей;
- планування бойових дій;
- вибір тактики і прийомів бою;
- прийняття рішення на застосування засобів ураження і захисту;
- підготовка систем зброї і засобів інформаційної протидії;
- вибір бойової траєкторії і керування літаком;
- управління бортовими інформаційними пристроями;
- контроль (моніторинг) бортових систем та озброєння;
- обробка розвідданих;
- локалізація і усунення несправностей.

Прийняті етапи, які повинні бути враховані конструкторами БЕКС, а саме:

- чільна роль на борту належить льотчику, і він не зобов'язаний повідомляти БЕКС про свої поточні наміри і про необхідність дати йому зараз рекомендації-поради. Іншими словами, база знань БЕКС і закладені в БЕКС механізми виведення повинні виявляти і пред'являти льотчику значущі події, правильно їх інтерпретувати, давати глибокі з аналізу виниклої проблеми рекомендації по її вирішенню;
- в будь-якій практично значущій для льотчика ситуації, яка може виникнути в рамках активізованою оператором концептуальної моделі його поведінки, давати переконливі і конструктивні рекомендації. Іншими словами, предметна область БЕКС повинна бути функціонально замкнена і для льотчика;
- БЕКС повинна семантично та інформаційне вбудовуватися в інформаційно-керувальне поле кабіни;
- прямий режим спілкування льотчика з БЕКС вкрай обмежений по апаратним можливостям сучасних кабін і по часовим лімітам;
- з кожним конкретним екземпляром БЕКС буде послідовно працювати не один, а кілька льотчиків,

що відрізняються рівнем своєї професійної підготовки, психофізіологічних складом, складом і рівнем мотивацій.

III. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА ЗАВДАННЯ БЕКС

У загальному випадку БЕКС, як і будь-яка інтелектуальна система, повинна мати в своїй базі знань наступні блоки: моделі світу, механізми виведення, механізми самонавчання і накопичення нових знань про світ. В силу особливостей самих БЕКС і особливостей їх експлуатації блоки механізмів самонавчання і накопичення нових знань про світ відчужуються від БЕКС і переносяться в центри розробки баз знань для створення нових версій баз знань і подальшої передачі їх на експлуатовані зразки БЕКС.

БЕКС - це бортове інформаційне середовище літака [3]. Воно формується вихідною інформацією бортових вимірних пристроїв, «штатних» бортових цифрових обчислювальних машин-алгоритмів і сигналів інформаційно-керуючого поля кабіни екіпажу. За результатами передполітної підготовки з інтелектуальної системи підготовки літака до вильоту в БЕКС завантажуються апріорна інформація по майбутнього польоту.

Про кожні значимі для виконання типових бойових ситуацій проблемної узагальненої ситуації БЕКС виробляє для екіпажу рекомендації по її вирішенню з короткими поясненнями, які з'являються на інформаційно-керуючому полі (ІКП) кабіни екіпажу і супроводжуються мовними інформаторами. Екіпаж має право не прийняти вироблену БЕКС рекомендацію і вирішити виниклу проблемну ситуацію іншим способом, нічого не повідомляючи про це БЕКС. Наступну рекомендацію БЕКС повинна буде вже зробити з урахуванням реалізованого екіпажем способу.

Розглянуто завдання БЕКС [3], [4], [5]. Вона повинна:

- вирішувати всі проблеми «своїх» типових ситуацій (ТС) (бути замкнутої по проблемам);
- мати обмежений діалог з екіпажем (обмеження по часовому ліміту, наданий зовнішньої обстановкою, і за можливістю виведення інформації екіпажу через ІКП кабіни);
- бути завжди узгодженою з активізованою концептуальною моделлю поведінки екіпажу, роблячи рекомендації по вирішенню виниклої текучої проблеми на рівні оператора-професіонала з достатньою для нього значимістю;
- мати «налагоджену» [3] компоненту самонавчання;
- алгоритми і правила в базі знань (БЗ) повинні орієнтуватися на структури ситуаційного управління.

Функціональна схема таких БЕКС наведена на рис. 2. [3], [4].

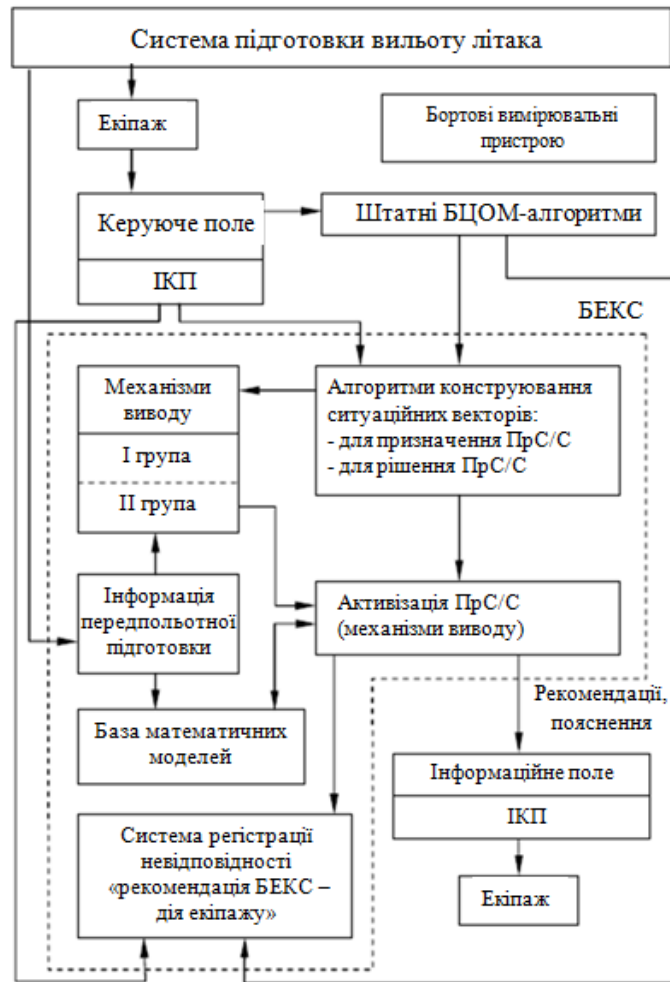


Рис. 2. Функціональна схема БЕКС

IV. ВИСНОВОК

Визначено та обгрунтовано різницю в схемах систем управління літаком на основі інтегрованої системи активного управління в нормальному польоті та в умовах впливу противника, з яких випливає, що незважаючи на широкі можливості сучасних навігаційних систем, які входять в обчислювальну систему літака і значно полегшують виконання польотів в мирний час [5], в умовах бойових дій вони обмежено придатні і впровадження в схему БЕКС значно зменшить навантаження на екіпаж та полегшить процес пілотування з урахуванням особливостей ведення бойових дій і забезпечить екіпажу інформаційну підтримку прийняття рішень.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Степаненко Е.В., Шурдукова Т.И., Факторы, влияющие на деятельность экипажа воздушного судна в экстремальной ситуации. *Научный вестник МТУ ГА*. 2010. Вып. 162. С. 136-143.
- [2] Курейчик В.М., Особенности построения систем поддержки принятия решений. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2012. Тематический выпуск. С.92-98
- [3] Редько В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: модели и концепции эволюционной кибернетики. Москва: Комкнига, 2013. 224 с.
- [4] Сороколетов П.В. Построение интеллектуальных систем поддержки принятия решений. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2009. Вып 4.С. 117-124.
- [5] Кравченко Т.К., Середенко Н.Н. Создание систем поддержки принятия решений: интеграция преимуществ отдельных подходов. *Институт системного анализа РАН*, 2012. Вып 1. С. 39-46.

Lyapunov Stability of a New Class of Fuzzy Differential Equations

Oleksii Bychkov

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Kyiv, Ukraine

bos.knu@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-9378-9535

Abstract— The report deals with the construction of a correct theory of possibility. A new definitions of a fuzzy element and a fuzzy process are proposed. On the basis of these definitions an understanding of a fuzzy integral and a fuzzy differential equation is introduced. It's proving theorems for the existence of a solution. The problems of the stability of solutions of a fuzzy equation, the stability of a beam of solutions of fuzzy dynamical systems are also considered. Constructing coefficients of exponential decay of solutions. The investigation is conducted using the method of Lyapunov's functions.

Keywords—stability, fuzzy, processes

I. INTRODUCTION

Let's consider (PN) - model of possibility theory [1-4].

Let (X, \mathbf{A}) be a measurable space.

Definition 1. Possibility scale is a semi-ring $L = \{[0,1], \leq, +, \bullet\}$, i.e. $[0,1]$ segment with usual order \leq and two operations:

$$a + b = \max\{a, b\};$$

$$a \bullet b = \min\{a, b\}.$$

Henceforth we'll consider only \mathbf{A} -measurable functions $f: X \rightarrow L$. Let's denote as $L(X)$ a class of functions that satisfy the following conditions:

$$f \in L(X), a \in L \Rightarrow a \bullet f = \min(a, f(x)) \in L(X);$$

$$f, g \in L(X) \Rightarrow f + g = \max(f(x), g(x)) \in L(X);$$

$$f \bullet g = \min(f(x), g(x)) \in L(X);$$

$$f \in L(X) \Rightarrow \neg f \equiv 1 - f(x) \in L(X);$$

If a sequence of functions $f_1, \dots, f_n, \dots \in L(X)$, then

$$\begin{aligned} &+ \sum_{n=1}^{\infty} f_n(x) \in L(X); \\ &\bullet \prod_{n=1}^{\infty} f_n(x) \in L(X). \end{aligned}$$

Definition 2. Function $p: L(X) \rightarrow L$ possessing properties:

$$p((a \bullet f)(\cdot) + (b \bullet g)(\cdot)) = (a \bullet p(f(\cdot))) + (b \bullet p(g(\cdot)));$$

$$p\left(\left(\sum_{n=1}^{\infty} f_n\right)(\cdot)\right) = \sum_{n=1}^{\infty} p(f_n(\cdot));$$

If $f(\cdot) \equiv 1$, then $p(f(\cdot)) = 1$, is called a possibility measure.

Definition 3. Let's define the function $P: \beta(X) \rightarrow L$ in the following manner: $P(A) \equiv p(\chi_A(\cdot))$. This function is called possibility of crisp event A . Then let's call a triplet (X, \mathbf{A}, P) a possibility space.

Definition 4. Let (X, \mathbf{A}, P) be a possibility space. Let's call an \mathbf{A} -measurable function $\tilde{A}: X \rightarrow \beta(Y)$ a fuzzy set.

Characteristic function of fuzzy set \tilde{A} is calculated as $\mu_{\tilde{A}}(y) = P\{y \in \tilde{A}(x)\} = P(A^{-1}(y))$.

Similarly, the concept of a measure of necessity N is introduced. Thus, we proceed to the consideration of the (PN)- model of possibility theory.

Main results

Definition 5. Fuzzy process is a function $\xi(x, t): X \times R \rightarrow Y$.

Definition 6. Normal fuzzy process $\xi(t)$ is a process of fuzzy roaming, if the following assumptions hold:

With independent increments, i.e. for all moments of time $t_1 < t_2 \leq t_3 < t_4$ fuzzy variables $\xi(t_2) - \xi(t_1)$ and $\xi(t_4) - \xi(t_3)$ are independent.

Under fixed t , its transient possibility is

$$P\{\xi(t) = x \mid \xi(t_0) = x_0\} = \varphi\left(\frac{\|\Xi^{-1/2}(x - x_0)\|^2}{t - t_0}\right).$$

3. $\xi(0) = 0$.

Definition 7. [5] Sequence of fuzzy variables ξ_n converges to fuzzy variable ξ with necessity 1 ($\text{N1lim}_{n \rightarrow \infty} \xi_n = \xi$), if for each $x \in X$, for which $P(\{x\}) \neq 0$, $\xi_n(x) \rightarrow \xi(x)$.

In this case $N\{\xi_n \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} \xi\} = 1$.

Definition 8. Sequence of fuzzy variables ξ_n converges to fuzzy variable ξ by possibility ($\text{Plim}_{n \rightarrow \infty} \xi_n = \xi$), if for any $c > 0$ $P\left\{\left|\xi_n - \xi\right| > c\right\} \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} 0$.

If any of these limits exists, it is unique. $\text{Plim}_{n \rightarrow \infty} \xi_n = \xi$ implies $\text{N1lim}_{n \rightarrow \infty} \xi_n = \xi$.

Lemma 1. If $\text{N1lim}_{n \rightarrow \infty} \xi_n = \xi$ and for arbitrary $\alpha \in (0,1]$ sequence $\xi_n(x)$ is convergent to $\xi(x)$ on the set $[X]_\alpha = \{x \in X : P(\{x\}) \geq \alpha\}$ uniformly by x , then $\text{Plim}_{n \rightarrow \infty} \xi_n = \xi$. And conversely, if $\text{Plim}_{n \rightarrow \infty} \xi_n = \xi$, then for any $\alpha \in (0,1]$ sequence $\xi_n(x)$ converges to $\xi(x)$ uniformly by x on the set $[X]_\alpha$.

Definition 9. Assume that a piecewise-constant function $f: f(t) = \{y_k : t_k \leq t < t_{k+1}\}$, $k = 0..N-1$, $t_0 = 0$, $t_N = T$ is given, $w(t)$ is a scalar process of fuzzy roaming. Denote

$$\int_0^T f(t)dw(t) = \sum_{k=0}^{N-1} y_k (w(t_{k+1}) - w(t_k)).$$

This fuzzy variable is called an integral by a process of fuzzy roaming of piecewise-constant function.

Lemma 2. Let's assume that a sequence of piecewise-constant functions $f_n(t) \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} 0$ in the mean. Then

$$\text{Plim}_{n \rightarrow \infty} \int_0^T f_n(t)dw(t) = 0.$$

This lemma implies the following theorem:

Theorem 1. Given a measurable function $f(t)$, and two sequences of piecewise-constant functions $f_n(t)$ and $\bar{f}_n(t)$ converge to it. If the limit $Q = \text{Plim}_{n \rightarrow \infty} \int_0^T f_n(t)dw(t)$ exists, then the limit $\bar{Q} = \text{Plim}_{n \rightarrow \infty} \int_0^T \bar{f}_n(t)dw(t)$ also exists, and $\bar{Q} = Q$.

The integral by a process of fuzzy roaming in this model has introduced in [2]. Using this integral, we may construct a Cauchy problem

$$y(t, x) = y(t_0, x) + \int_{t_0}^t a(y(s), s, x)ds + \int_{t_0}^t b(y(s), s, x)dw(s, x) \quad (1)$$

$$y(t_0, x) = y_0 \quad (2)$$

The solution of a problem (1), (2) is a fuzzy process $y(t, x)$ that for each $x \in X$, for which $P(\{x\}) \neq 0$, turns them into equalities [6,7].

Theorem 2. Let crisp functions $a(y, t)$ and $b(y, t)$ be continuous by t and satisfy Lipschitz condition by y in domain $D = I \times [t_0, t_0 + \Delta t]$, i.e.

$$|a(y, t) - a(z, t)| \leq L|y - z|,$$

$$|b(y, t) - b(z, t)| \leq L|y - z| \quad \text{for arbitrary } z, y \in I, t \in [t_0, t_0 + \Delta t];$$

initial condition $y_0(x)$ is arbitrary fuzzy.

If for any fixed $x_0 \in X$, for which $P(\{x_0\}) \geq \alpha > 0$, holds $[y_0(x_0) - \Delta y; y_0(x_0) + \Delta y] \subset I$, then for this x_0 problem (1), (2) has a unique solution on $t \in [t_0; t_0 + h]$ segment, where

$$h = \min \left[k \frac{1}{2L} \cdot \min \left\{ 1, \frac{1}{\sqrt[4]{\varphi^{-1}(\alpha)}} \right\}, \frac{\Delta y}{\max_t |a(x)| + \sqrt{\varphi^{-1}(\alpha)} \cdot \max_t |b(x)|} \Delta t \right],$$

$k \in (0,1)$.

For any fuzzy y_0 the problem of existence of unique solution (1), (2) on $t \in [t_0; +\infty)$ has proved.

Definition 10. Bundle [8] that begin from point y_0 is a fuzzy process for which $y(t_0, x) = y_0$ for all x .

Definition 11. Bundle $y(\bar{y}_0, t, x)$ is stable by possibility, if for arbitrary $\varepsilon > 0$, $\alpha < 1$ there exists $\delta(\varepsilon, \alpha) > 0$ such as if $|y_0 - \bar{y}_0| < \delta$, $P(\{x\}) > \alpha$, then $|y(y_0, t, x) - y(\bar{y}_0, t, x)| < \varepsilon$ holds.

Definition 12. Bundle $y(\bar{y}_0, t, x)$ is stable with possibility of 1, if for arbitrary $\varepsilon > 0$, $x \in X_0$ exists $\delta(\varepsilon, x) > 0$ such as if $|y_0 - \bar{y}_0| < \delta$ then $|y(y_0, t, x) - y(\bar{y}_0, t, x)| < \varepsilon$.

Definition 13. Modal trajectory $\bar{y}(t)$ is weakly stable if for any $\varepsilon > 0$ there exist $\delta(\varepsilon) > 0$ and $\alpha(\varepsilon) < 1$ such as if

$|y_0 - \bar{y}(0)| < \delta$, $P(\{x\}) > \alpha$, then $|y(y_0, t, x) - \bar{y}(t)| < \varepsilon$ holds.

Lemma 3. Let the function u satisfy the condition $\forall t \in [0, T]: |u(t)| < C$ and functions $y_1, y_2, y \in C^1[0, T]$ satisfy the following conditions:

- 1) $y_1' = f(t, y_1) - C|g(t, y_1)|$, $y_1(0) = y_0$;
- 2) $y_2' = f(t, y_2) + C|g(t, y_2)|$, $y_2(0) = y_0$;
- 3) $y' = f(t, y) + g(t, y)u(t)$, $y(0) = y_0$.

Then $\forall t \in [0, T]: y_1(t) \leq y(t) \leq y_2(t)$.

Theorem 3. The set $\{(t, y) | t \in [0, T], y_1(t) \leq y \leq y_2(t)\}$ is an estimate of the ε -cut of the solution equation (1) where $C = \sqrt{\varphi^{-1}(\varepsilon)}$.

Let's formulate the basic definitions of the theory of fuzzy dynamical systems, which we will need for further presentation of the material. Let the given (PN)-space $(X, \beta(X), P, N)$ and finite-dimensional $Y = R^n$ space [1].

Definition 14. A set X_α where $0 < \alpha \leq 1$, let's call a collection $\{x \in X : P(\{x\}) \geq \alpha\}$.

We will assume that the set X_1 is non empty.

Definition 15. A fuzzy dynamic system $y(y_0, t, x)$ is called reflection $y: Y \times R^+ \times X \rightarrow Y$, $y(y_0, t_0, x) = y_0$

Definition 14. A bundle $y(t, x): R^+ \times X \rightarrow Y$ is called a map for which $y(t_0, x) = y_0$. In particular, the fuzzy dynamic system, if y_0 fixed, becomes a beam.

Definition 16. Let's the fuzzy dynamical system $y(y_0, t, x)$ is given. If for each $x \in X_1$ we have $y(y_0, t, x) = \bar{y}(t)$ the function $\bar{y}(t)$ is called a modal solution.

Definition 17. The solution $y(\bar{y}_0, t, \bar{x})$ of a fuzzy dynamical system $y(y_0, t, x)$ is called a stable with a level $\alpha(\varepsilon)$, if for any $\varepsilon > 0$ the $\delta(\varepsilon) > 0$, $\alpha(\varepsilon) < 1$ exists, such that $|y_0 - \bar{y}_0| < \delta$, $x \in X_\alpha$ then $|y(y_0, t, x) - y(\bar{y}_0, t, \bar{x})| < \varepsilon$ is executed.

Lemma 1. If the set X_1 is non empty and the solution $y(\bar{y}_0, t, \bar{x})$ is stable with the level $\alpha(\varepsilon)$, then it is modal.

The sufficient conditions of stability of system (1) are obtained. These conditions are easily calculated and are constructive by nature. [10-12].

Consider the partial case of the system (1).

$$y(t, y_0, x) = y_0 + \int_{t_0}^t Ay(s)ds + \int_{t_0}^t h(y, x)dw(s, x) , \quad (3)$$

where A - matrix $n \times n$, with constant elements, $h(y, x)$ - vector-function, limited in the neighborhood $y=0$ for both variables. Its abbreviated part has a look

$$y(t, y_0, x) = y_0 + \int_{t_0}^t Ay(s)ds \quad (4)$$

We obtain the conditions for stability with the α -level for the system (3).

Theorem 4. Suppose that for a system (3) the function $h(y, x)$ is bounded in the neighborhood $y=0$ for both variables. If system (4) is asymptotically stable, then system (3) is stable with level.

The proof is carried out with the help of the Lyapunov quadratic function.

We have found that the condition of stability with the α -level is the stability of the reduced part. But with growth of h , α - aspires to unity that appears in the sign of stability. Thus, for large h , despite the fact that the solution is theoretically stable, the practical value of this fact will be negligible.

We will receive estimates δ and α in the partial case: $g(y) = Ay$, $h(y) = By$.

Theorem 5. Let's $g(y) = Ay$, and $h(y) = By$. If system (2) is asymptotically stable, then system (1) is stable with the α -level then stability parameters satisfy the conditions

$$\alpha > \varphi \left(\left(\lambda_{\max}(\Xi^{-1/2}) \frac{|\lambda_{\max}(A^T H^T + HA)|}{\lambda_{\max}(B)} \right)^2 \right) ,$$

$$\delta = \varepsilon \frac{\lambda_{\max}(H)}{\lambda_{\min}(H)} .$$

Definition 18. A modal trajectory $y=0$ is called exponentially stable if the estimation is performed

$$|y(y_0, t, x)| \leq \alpha(y_0, x) e^{-b(y_0, x)(t-t_0)} . \quad (5)$$

Theorem 6. If for a reduced system (3) there exists a Lyapunov function such that

- 1) $\beta_1(y) \leq V(y) \leq \beta_2(y)$;
- 2) $[\dot{V}]_{gh} |_{\alpha}(y) < -\gamma(\alpha)|y|$,
- 3) $k(y), \beta(y), \gamma(y) > 0$,

then the solution $y=0$ of the system (1) is exponentially stable, that is, an estimation (5) is performed, where

$$a(y_0, x) = \frac{\beta_2(\alpha)}{\beta_1(\alpha)}, \quad b(y_0, x) = \frac{\gamma(\alpha)}{\beta_2(\alpha)} y(t_0), \quad \alpha = P(\{x\}).$$

REFERENCES

- [1] L.A. Zadeh, "Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility," *Fuzzy Sets and Systems*, no. 1, 1978, pp. 3-28.
- [2] G.De Cooman, "Possibility theory. Part I: Measure- and integral-theoretic groundwork," *Int. J. of General Systems*, no. 25, 1997, pp. 291-371.
- [3] O.S.Bychkov, "The theory of possibilities and its application," *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2007, no. 5, pp. 7-12.
- [4] I.Y. Kats, A.A. Martynyuk. "Stability and Stabilization on Nonlinear Systems with Random Structure," Taylor and Francis, London and New York, 2002, pp. 236p.
- [5] A.C. Bychkov, "On one development of the theory of possibilities," *Cybernetics and system analysis*, 2007, no. 5, pp. 67-72.
- [6] A.C. Bychkov, "On the convergence of sequences of fuzzy perceptuary elements given on different space of possibilities," *Cybernetics and system analysis*, 2010, no. 2, pp. 142-151.
- [7] A.S. Bychkov, "Modelling and studying fuzzy dynamical systems," *Journal of Mathematical Sciences*, Springer New York, 2009, vol 157, no. 3, p. 466-479.
- [8] J.Yeoul Park, H.Keun Han, "Existence and uniqueness theorem for a solution of fuzzy differential equations," *Internat.J.Math.&Math.Sci.*, vol. 22, no. 2, 1999, pp. 115-131.
- [9] A.S. Bychkov, E.V. Ivanov "Possibilistic Modeling of Dynamic Uncertain Processes," *Nonlinear dynamics and systems theory*, 2013, no. 3, vol. 13, pp. 229-241.
- [10] A.C. Bychkov, "Stability of continuous hybrid automata," *Cybernetics and system analysis*, 2007, no. 2, pp.123-128.
- [11] AS Bychkov, M.G. Mercuryev, "Stability of continuous hybrid automata," *Cybernetics and system analysis*, 2007, no. 2, pp. 123-128
- [12] A.C. Bychkov, "Investigation of the behavior of solutions of differential equations with switches," *National Academy of Sciences of Belarus, Proceedings of the Institute of Mathematics*, 2014, no. 1 (22), pp. 6

Моделирование Задачи Выбора Технологических Решений

Владимир Бескорвайный
кафедра системотехники,
Харьковский национальный
университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Ольга Шевченко
кафедра системотехники,
Харьковский национальный
университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
1375helga@gmail.com

Оксана Драз
кафедра системотехники,
Харьковский национальный
университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
oksana.draz@nure.ua

Modeling the Technological Decisions Choice Task

Volodymyr Beskorovainyi
Department of System Engineering
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Olha Shevchenko
Department of System Engineering
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
1375helga@gmail.com

Oksana Draz
Department of System Engineering
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
oksana.draz@nure.ua

Анотація—Рассмотрена проблема выбора решений при вариантно синтезе и оценке производственных технологических процессов. Предложена иерархическая теоретико-множественная модель задачи и схема процедуры выбора технологических решений по множеству показателей качества.

Abstract—The problem of decision making in a case of alternative synthesis and industrial technological processes evaluation. A hierarchical set-theoretic model of the problem and a diagram of the procedure for selecting technological solutions for a variety of quality indicators are proposed.

Ключевые слова—технологическая подготовка производства; задача выбора технологических решений; теоретико-множественная модель; многокритериальное оценивание.

Keywords—technological preparation of production; the problem of choosing technological solutions; set-theoretic model; multi-criteria estimation.

I. ВВЕДЕНИЕ

В условиях конкуренции производственные компании ориентируются на сокращение сроков освоения новых видов продукции с новыми более высокими потребительскими свойствами. Исходя из этого, они вынуждены снижать серийность производства, расширять номенклатуру выпускаемой продукции, переходить на позаказное производство для отдельных

групп потребителей. Это приводит к необходимости сокращения сроков реинжиниринга технологических процессов (ТП), переосмысления существующих подходов к менеджменту и их трансформации. Задача выработки вариантов реинжиниринга ТП и оценки их эффективности возникает уже на предпроектной стадии [1]. Одной из первоочередных при этом считается системная оптимизация ТП, охватывающая все основные этапы их жизненных циклов. В рамках системной методологии производственные процессы представляются в виде технологических объектов (ТО) или их комплексов. Процессы модернизации, планирования развития или реинжиниринга существующих ТО предполагают решение множества задач их структурной, топологической и параметрической оптимизации по множеству показателей (качество, себестоимость продукции, производительность, нагрузка оборудования) [2-3].

II. ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Основополагающими на производственных предприятиях являются процессы технологической подготовка производства (ТПП). Они позволяют производить оценку стоимости продукции, сроков ее изготовления, необходимых затрат на приобретение (создание) основных средств производства и вспомогательных материалов. Автоматизация процессов ТПП создает предпосылки для сокращения времени

подготовки производства и снижения себестоимости продукции [4-5].

Для снижения трудоемкости и сложности ТПП осуществляется разработка формализованных процедур многокритериального оценивания существующих технологических решений (ТР) и предлагаемых новых технологий, их влияния на общий уровень и затраты производства [6], подходов к оценке ТР на основе использования данных групповой технологии [7] с использованием генетических алгоритмов [8]. При принятии решений о разработке новых изделий производится анализ содержания и ресурсного обеспечения всех стадий и этапов жизненного цикла изделия, анализ состояния и прогноз изменения его потребительских свойств и свойств конкурирующих изделий, спроса, производственных возможностей предприятия и смежных процессов системы производства [1]. Для комплексного решения задач технологического мониторинга производственных систем используют аппарат теории полихроматических множеств и графов [9]. Процедуры поддержки принятия решений при планировании, финансировании и стимулировании производства основываются на проектировании адаптивных механизмов функционирования.

На основании анализа современного состояния проблемы установлено, что к числу основных недостатков существующих подходов к ее решению относится недостаточный учет накопленного опыта формирования вариантов многокритериального технологического проектирования. Важнейшей причиной этого является отсутствие эффективных средств формализованного представления информационного обеспечения ТР. Формальные методы являются непригодными для решения большинства задач проектирования сложных ТП, характеризующихся неполнотой и разнотипностью данных, вариантностью правил вывода решений.

III. Результаты Исследования

Будем рассматривать задачу оптимизации ТП состоящей из множества подзадач, относящихся к различным уровням декомпозиции (этапам решения) с их взаимосвязями по исходным данным и результатам решения [10]:

$$Task = \{Task_i\}, Task_i = \{Task_{ij}\}, i = \overline{1, N_i}, j = \overline{1, N_j},$$

где $Task_i$ - множество задач, относящихся к уровню i ; I - количество уровней (этапов); J_i - количество задач, подлежащих решению на уровне i .

Каждую из задач будем представлять в виде:

$$Task_{ij} : InDat_{ij} \rightarrow OutDat_{ij}, i = \overline{1, N_i}, j = \overline{1, N_j}$$

где $InDat_{ij}, OutDat_{ij}$ - входные и выходные данные j -й задачи i -го уровня, $i = \overline{1, N_i}, j = \overline{1, N_j}$.

При этом каждая из выделенных задач, в свою очередь, может быть представлена в виде множества подзадач $Task_{ij} = \{Task_{ijl}\}, l = \overline{1, N_l}$, (где N_l - количество подзадач задачи $Task_{ij}$).

Для задания схемы выбора технологических решений $SelSch$ (от Selection of Scheme) необходимо определить пятерку множеств [11]:

$$SelSch = (Tasks, InDat, DesDec, ProcDec),$$

где $Tasks = \{Task_{ijl}\}$ - упорядоченное множество задач выбора; $Task_{ijl}$ - l -я подзадача j -й задачи i -го уровня; $InDat$ - множество исходных данных; Res - множество ограничений; $DesDec$ - множество решений задач; $ProcDec$ - отображение, имеющее смысл решающей процедуры и ставящее каждой паре $\langle InDat_{ijl}, Res_{ijl} \rangle$ непустое подмножество $DesDec$, обозначаемое через: $ProcDec(InDat_{ijl}, Res_{ijl})$.

Все множество задач выбора ТР является полностью разрешимым, если для всех задач $Task_{ijl}$, $i = \overline{1, N_i}, j = \overline{1, N_j}, l = \overline{1, N_l}$ существуют решающие процедуры $ProcDec_{ijl}$ и каждое решение является единственным $|ProcDec(InDat_{ijl}, Res_{ijl})| = 1$.

В процессе анализа взаимосвязей модель каждой задачи будем представлять в виде:

$$ModTask_{ijl} : \{ InDat_{ijl}^E, InDat_{ijl}^I, Res_{ijl} \} \rightarrow DesDec_{ijl},$$

где $InDat_{ijl}^E$ - множество внешних (по отношению к комплексу задач) исходных данных; $InDat_{ijl}^I$ - множество внутренних (по отношению к комплексу задач) исходных данных; Res_{ijl} - множество ограничений; $DesDec_{ijl}$ - технологическое решение, $i = \overline{1, N_i}, j = \overline{1, N_j}, l = \overline{1, N_l}$.

Применяемый подход основывается на использовании типовых многокритериальных ТР, в которых будут реализованы логические алгоритмы подбора и вычисления данных, необходимых для их формирования в технологическом процессе. В качестве ТР рассматриваются элементы структуры ТП на уровне операций, которые содержат автоматизированные процедуры выбора и анализа элементов ТП

(оборудования, оснастки). Поиск в базах данных и знаний близких ТР осуществляется на основе формализованных элементов – составляющих иерархической модели задачи выбора (рис. 1).

Для типовых производственных процессов общая задача выбора ТР Z может быть решена в три этапа (решением трех задач) [1]:

- выбора материала и вида обработки детали, а также способа получения и вида заготовки для ТП заготовительной фазы;

- выбора операций технологического процесса, оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и режимных параметров изготовления деталей для ТП обрабатывающей фазы;
- выбора оборудования и комплектующих для ТП основного производства (сборки изделий).

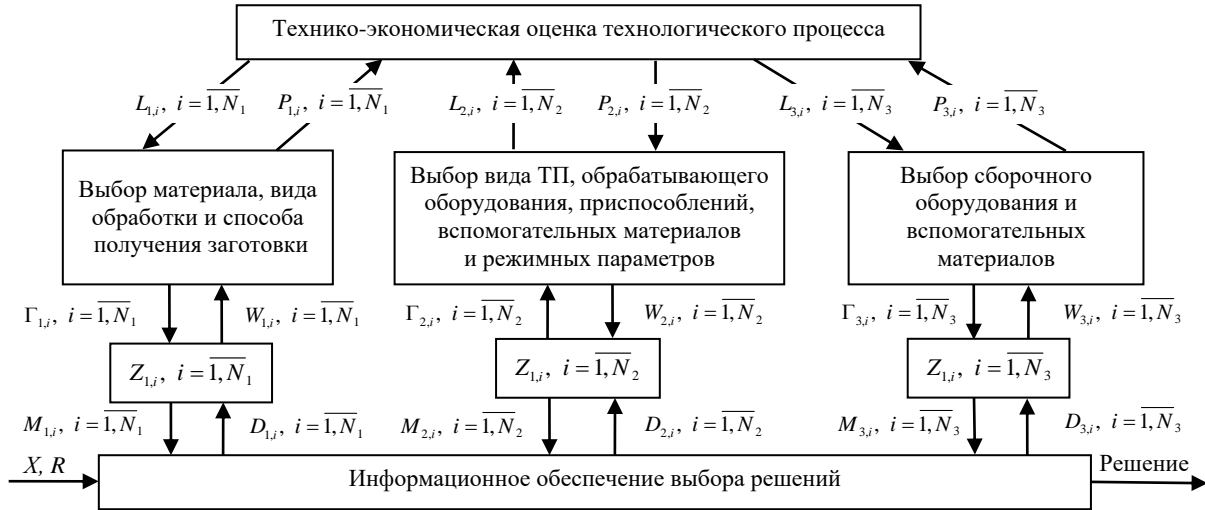


Рис. 1. Иерархическая структура модели задачи выбора и оценки технологических решений

Для эффективного решения всего комплекса задач (подзадач) задачи Z требуется разработка иерархической модели процесса выбора ТР, в которую кроме задач перечисленных этапов должны входить задачи межуровневой координации.

Математическая модель задачи выбора ТР может быть представлена в следующем виде. Пусть:

- X – множество всех возможных вариантов (допустимых видов материалов, используемых для изготовления деталей; видов обработки, обеспечивающих заданные показатели качества изделия; видов заготовок и методов их получения; допустимых наборов оборудования для проведения технологических операций для выбранных способов получения заготовок; соответствующих каждому виду обработки приспособлений; видов вспомогательных материалов);
- R – множество вариантов ТП изготовления изделия;
- V – множество технико-экономических оценок ТП изготовления изделия из выбранных материалов с использованием определенного оборудования.

Введем функцию эффективности варианта решения задачи F с учетом его физической реализуемости как отображение декартова произведения $R \times X$ в множество оценок $F : R \times X \rightarrow V$ и функцию предельного значения показателя эффективности $Q : R \rightarrow V$. Тогда задачу Z можно представить как задачу выбора такого варианта

$$x^* \in X' \subseteq X, \tag{1}$$

для которого $F(x^*, r) U Q(r)$ при любом $r \in R$ (где x^* является решением задачи Z , если для $r \in R$ оценка эффективности $F(x^*, r)$ находится в отношении U к предельной для этого варианта r величине $Q(r)$); X' – множество допустимых вариантов решения задачи).

Задача Z характеризуется набором входных и выходных параметров (X', R, F, Q) . Элемент x^* , удовлетворяющий (1), является решением задачи Z и описывается предикатом

$$P(x^*, Z) \equiv (x^* \text{ есть решение } Z). \tag{2}$$

Обозначим задачи выбора вида материала, вида обработки детали, способа получения и вида заготовки для заготовительного этапа через Z_1 , выбора вида ТП, оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и режимных параметров для этапа обработки – через Z_2 , выбор оборудования и вспомогательных материалов для этапа сборки – через Z_3 . Эти задачи характеризуются наборами параметров (X'_1, R_1, F_1, Q_1) , (X'_2, R_2, F_2, Q_2) и (X'_3, R_3, F_3, Q_3) . Можно рассматривать задачу Z_1 как сужение задачи Z на множестве X'_1 , задачу Z_2 – как сужение задачи Z на множестве X'_2 , а задачу Z_3 – как сужение задачи Z на множестве X'_3 . При этом глобальное решение $x^* = (x_1^*, x_2^*, x_3^*)$ (где x_1^*, x_2^*, x_3^* – решения задач 1-го, 2-го и 3-го этапов).

Частные задачи выбора элементов ТП Z_{ij} , $i = \overline{1,3}$, $j = \overline{1, N_i}$ характеризуются наборами входных и выходных параметров $(X'_{ij}, R_{ij}, F_{ij}, Q_{ij})$, $i = \overline{1,3}$, $j = \overline{1, N_i}$ и могут быть сформулированы в виде (1). Они, как и задачи Z, Z_1, Z_2 и Z_3 , могут быть описаны предикатами вида (2).

Обозначим совокупность решений задач Z_{ij} , $i = \overline{1,3}$, $j = \overline{1, N_i}$ как $S = (x_{11}, \dots, x_{3N_3})$, а связь между решениями задач через операторы Θ_{ij} : $x_{ij} = \Theta_{ij}(S_{ij})$.

При решении задач Z_1, Z_2 и Z_3 формируется вектор S , который соответствует решению задачи Z , сводящей к минимуму затраты на конструирование и изготовление изделия при заданной эффективности его производства.

При решении задач нижнего уровня формируются векторы S_{ij} , $i = \overline{1,3}$, $j = \overline{1, N_i}$, которые соответствуют решению задач Z_{ij} , $i = \overline{1,3}$, $j = \overline{1, N_i}$:

$$\exists (Z_{ij}, x_{ij}, i = \overline{1,3}, j = \overline{1, N_i}) : P(x_{ij}, Z_{ij}) \Rightarrow P(x_{ij}^*, Z_{ij}^*) \left| \begin{array}{l} x = \Theta(S), \\ S = (x_{11}, \dots, x_{3N_3}). \end{array} \right.$$

Целью оптимизации ТП является максимизация его эффективности (соотношения размера эффекта E и затраченных на это ресурсов C). Эффект от использования ТР в общем случае является неубывающей функцией от затраченных на его достижение ресурсов $E = F(C)$ (где F - оператор, отражающий стратегию использования ресурсов). С учетом этого общая задача системной оптимизации ТП может быть представлена в виде:

$$x^o = \arg \max_{x \in X'} F[\bar{E}(x), \bar{C}(x)]: \bar{E}(x) \geq \bar{E}^*, \bar{C}(x) \leq \bar{C}^*,$$

где: \bar{E}^*, \bar{C}^* - граничные уровни приведенных оценок эффекта и затрат.

Для многокритериального выбора ТР используем функцию обобщенной полезности $Q(x)$, построенную на основе полинома Колмогорова-Габора [12]:

$$Q(x) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot \xi_i(x) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \lambda_{ij} \cdot \xi_i(x) \cdot \xi_j(x) + \dots, \quad (3)$$

где m - количество частных критериев оценки решений $k_i(x)$; λ_i, λ_{ij} - весовые коэффициенты частных критериев $k_i(x)$ и их произведений $\lambda_i \geq 0, \lambda_{ij} \geq 0$, $i = \overline{1, m}$; $\xi_i(x)$ - функция полезности частного критерия $k_i(x)$, $i = \overline{1, m}$.

Использование модели многокритериального оценивания (3) позволяет выбирать эффективные технологические решения по множеству важнейших функционально-стоимостных показателей.

IV. Заключение

Предложенная теоретико-множественная модель задачи выбора технологических решений на основе информационного обеспечения системы проектирования позволяет реализовать процедуры многокритериального поиска соответствующей технологии и (или) технологических элементов в архиве технологических решений. Это позволит за счет сокращения временных, материальных и финансовых затрат на проведение технологического реинжиниринга производства повысить его эффективность.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Котов А.С., Шевченко О.Ю. Иерархическая теоретико-множественная модель задачи выбора технологических решений // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2010. №1 (42). С. 149–153.
- [2] Безкоровайний В.В., Шевченко О.Ю. Модель системної оптимізації технологічних об'єктів // *Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 14-19 травня 2018 р. Івано-Франківськ: 2018. С. 327–330.*
- [3] Илюшина С.В. Методы оптимизации технологических процессов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. № 8. С. 323–327.
- [4] Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. СПб.: Компьютербург, 2003. 152 с.
- [5] Волков А., Пасынков И., Саранчин А., Чечиков С. Pro/TechDoc – средство разработки технологических процессов и подготовки документации по ГОСТ в системе Pro/ENGINEER // *САПР и графика*. 2006. № 2. С.48–51.
- [6] Семенець В., Безкоровайний В., Шевченко О., Драз О. Виділення підмножин ефективних рішень в задачах реінжинірингу технологічних систем // *Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 20-25 травня 2019 р. Івано-Франківськ: п. Голіней О.М. 2019. С. 53–56.*

- [7] Гонсалес-Сабатер А., Митряев А.В. Система автоматизированного проектирования технологии инструментального производства // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта: сб. тез. докл. Междунар. конф. и выставки CAD/CAM/PDM-2001. М. 2001. С. 70–71.
- [8] Капустин Н.М., Кузнецов П.М. Структурный синтез при автоматизированном проектировании технологических процессов производства деталей с использованием генетических алгоритмов // Информационные технологии. 1998. № 4. С. 34–37.
- [9] Павлов В.В. Полихроматические множества в теории систем. Изменение состава ПIS-множеств // Информационные технологии. 1998. № 1. С. 4–8.
- [10] Бескорвайный В.В. Системологический анализ проблемы структурного синтеза территориально распределенных систем // АСУ и приборы автоматики. 2002. Вып. 120. С. 29-37.
- [11] Бескорвайный В.В. Синтез логической схемы системного проектирования территориально распределенных объектов // Радиотехника и информатика. 2002. №. 3. С. 94 – 96.
- [12] Бескорвайный В.В., Трофименко И.В. Параметрическая идентификация аддитивно-мультипликативных моделей многофакторного оценивания // Радиотехника и информатика. 2005. № 4. С. 41–46.

Визначення Кореферентності Гендерних Займенників в Системах Автоматичного Аналізу Англомовних Текстів

Владислав Білоцерковський
*кафедра штучного інтелекту
Харківський національний
університет радіоелектроніки*
Харків, Україна
vladyslav.bilotserkovskiy@nure.ua

Лариса Чала
*кафедра штучного інтелекту
Харківський національний
університет радіоелектроніки*
Харків, Україна
larysa.chala@nure.ua

Вадим Шергін
*кафедра штучного інтелекту
Харківський національний
університет радіоелектроніки*
Харків, Україна
vadim.shergin@nure.ua

Definition of Gender Pronouns Corefertility in Automatic Analysis Systems for English Texts

Vladyslav Bilotserkovskiy
*Artificial Intelligence Department
Kharkiv National University of
Radio Electronics*
Kharkiv, Ukraine
vladyslav.bilotserkovskiy@nure.ua

Larysa Chala
*Artificial Intelligence Department
Kharkiv National University of
Radio Electronics*
Kharkiv, Ukraine
larysa.chala@nure.ua

Vadim Shergin
*Artificial Intelligence Department
Kharkiv National University of
Radio Electronics*
Kharkiv, Ukraine
vadim.shergin@nure.ua

Анотація—Багато актуальних NLP завдань, включаючи екстракцію знань, залежать від ефективного вирішення завдання кореферентності – визначення того, які саме іменники і займенники в тексті відносяться до однієї і тейж суті. У даній роботі розглянута підзадача усунення неоднозначності відповідності гендерних займенників (GAP) і кореферентності гендерних займенників і відповідних їм сутностей. Основною проблемою існуючих підходів є те, що вони не однаково ефективні для різних груп займенників, в тому числі гендерних. З метою вирішення цієї проблеми у даній роботі розглядається чотири способи використання двонаправлених кодерів з архітектурою трансформерів (BERT): створення «rule-based heuristic», і застосування BERT для різних архітектур для «coreference» – «mention-scoring» і «Lee et. al's end-to-end neural coreference», а також використання моделі BERT з токенізованими даними. Відзначаючи здатність кодувальників з архітектурою трансформерів захоплювати внутрішньопослідовні залежності за допомогою механізму внутрішньої уваги, досліджується ефект від додавання BERT в дві основні архітектури для кореферентності – «rule-based heuristic» і mention ranking model. Також BERT застосований в «end-to-end clustering coreference model» і як окрема незалежна модель.

Abstract—Many relevant NLP tasks, including the extraction of knowledge, depend on effectively solving the

problem of coreference - determining which nouns and pronouns in the text refer to the same essence. In this paper, a subtask of ambiguous gendered pronoun (GAP) and coreference of gender pronouns and their corresponding entities are considered. The main problem of the existing approaches is that they are not equally effective for different pronoun groups, including gender. This paper explores four ways to use BERT: creating rule-based heuristic, and using BERT for different architectures for coreference – mention-scoring and «Lee et. al's end-to-end neural coreference», and the use of a BERT model with tokenized data. Noting the ability of coders with the architecture of transformers to capture intra-sequential dependencies by means of the self-attention mechanism, the effect of adding the bidirectional encoder representations from transformers (BERT) to two fundamental architectures for coreference – the rule-based heuristic and the influence rating model. Also BERT is applied in the “end-to-end clustering coreference model” and as a separate independent model.

Ключові слова—кореферентність, обробка природномовних текстів, двонаправлений кодер з архітектурою трансформеру (BERT), механізм внутрішньої уваги, гендерний займенник, неоднозначність, попередник

Keywords—coreference, natural language processing, bidirectional encoder representations from transformers (BERT),

I. ВСТУП

До нетривіальних завдань, що вирішуються в системах автоматичного аналізу та перекладу англійських текстів, слід віднести визначення відповідності сутностей, згаданих у тексті, їх найменуванням (корелативність), тобто, визначення того, які саме іменники та займенники позначають одну й ту ж сутність. Однією з підзадач визначення корелативності є подолання неоднозначності відповідності гендерних займенників (ambiguous gendered pronoun – GAP).

Існує багато видів корелативності, основними з яких є: анафора, катафора, розділення попередників, фразеологізми тощо.

Завдання оцінки корелативності можна пояснити, як визначення всіх згадувань суті або події в тексті і їх кластеризації в відповідні класи, тобто коли два або більше виразів в тексті посилаються на один і той же предмет або людини (наприклад, у реченні «My mother's name is Sasha, she likes cats», ознака «she» ставиться до слова «mother», а не до слова «cats»).

Команда «Google AI» задля мотивації балансування рівня передбачень для обох статей (чоловічої та жіночої), випустила сбалансований набір даних та представила нову задачу NLP, «GAP» [1], яка в якості метрики оцінки рахує співвідношення F1-міри для жіночих та чоловічих займенників. Цей набір даних використовувався у даній роботі. Даний набір містить 4000 прикладів для навчання і 454 прикладу для перевірки. Кожен із прикладів містить уривок тексту взятий з «Wikipedia», а також позицію двозначного займенника і дві позиції можливих попередників, що відносяться до цього займенника, A і B і позначення до якого з трьох класів належить займенник A, B або Neither, в тому випадку якщо обидва потенційні попередники відносяться до займенника.

II. МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ КОРЕЛАТИВНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ BERT

У 2017 році була запропонована нова архітектура трансформерів, що представляє собою «Multi-head-attention» шар, завдяки якому результати рішень задачі корелативності значно поліпшилися [2]. Це особливий новий шар, який дає можливість ввести взаємозв'язок з іншими словами через механізм «attention», замість передачі прихованого стану як у RNN [3] або сусідніх слів як в CNN. На вхід нового шару подаються вектор Query, та декілька пар Key та Value. Кожен з них оброблюється навченим лінійним перетворенням, обчислюється скалярний добуток всіх векторів Q з усіма векторами K по черзі, застосовується softmax, і з отриманими вагами всі вектори підсумовуються в один вектор. Цей механізм дуже близька до попередніх робіт, де використовується механізм «attention». Єдине, чим доповнюється новий підхід - такі слої тренуються паралельно декілька, тобто. декілька лінійних

перетворень і паралельних скалярних добутків. Після конкатенації всіх отриманих векторів результат ще раз оброблюється навченим лінійним перетворенням. Одним з основних властивостей кожного слова є «positional encoding» - позиція слова в реченні. Завдяки цьому «attention» може концентруватися на сусідні слова, якщо вони важливі.

Також в архітектурі трансформерів використовується «LayerNormalization» [4]. Це процедура, за допомогою якої нормалізується вихід від всіх нейронів в шарі всередині кожного прикладу (на відміну від кожного нейрона окремо всередині Batch, як в «Batch Normalization») [5].

В ході дослідження були розглянуті чотири способи використання BERT: створення «rule-based heuristic», і застосування BERT для різних архітектур для «coreference» - «mention-scoring» і «Lee et. al's end-to-end neural coreference », а також використання BERT моделі з токенованими даними.

«Rule-based heuristic»: підхід, який використовує вибір кандидата, який найсильніше відноситься до займенника. Було використано алгоритм вилучення сутностей з пакету «spaCy» [6], щоб витягти всі сутності в реченні і використовувати BERT «self-attention matrices» на кожному шарі і в «head», і після цього вибрати сутність, яка найбільш порівнянна з займенником.

«Mention-scoring approach»: даний вид архітектури приймає в якості вхідних даних уривок, витягує з нього потенційних попередників, використовуючи алгоритм вилучення сутностей «spaCy» [6] і створює декілька властивостей, що мають відношення до пари сутностей займенник-кандидат. У даному підході кожен парю займенник-кандидат подають в нейронну мережу прямого поширення з трьома прихованими шарами «rectified linear units» і проєктують на вихідний шар для отримання «pronoun-entity pair score».

Розглянемо підхід до вирішення цього завдання за допомогою моделі BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), яка заснована на використанні двонаправлених кодувальників з архітектурою трансформерів. Модель BERT дозволяє здійснювати двосторонню контекстно-залежну обробку англійських текстів, враховуючи у визначенні контексту конкретного слова текстові фрагменти, що стоять в реченні перед ним і після нього.

Більшість корелативних систем не можуть працювати з катафорами та з взаємозв'язками на великій відстані. В той же час модель BERT, навчена з метою передбачення вихідного слова словника по випадково вибраним словом, тільки на основі його контексту може бути використана для поліпшення продуктивності систем аналізу текстів. Це обумовлюється використанням в цій моделі двонаправленого механізму «self-attention matrices», що працює як з контекстом зліва від обраного слова, так і з контекстом справа для уловлювання залежностей, які потрібні для оцінки корелативності.

III. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТУ ВІД BERT-КОДУВАЛЬНИКІВ

У даній роботі досліджується ефект від додавання двонапрямлених BERT-кодувальників з неймережевою архітектурою трансформерів (bidirectional encoder representations from transformers) в дві основні архітектури для визначення кореферентності: «rule-based heuristic» та «mention ranking model» [7].

Підхід «rule-based heuristic» дозволяє здійснювати вибір сутності, яка найсильніше пов'язана з аналізованим займенником. При цьому використовується алгоритм вилучення сутностей з набору речень і застосування на кожному шарі механізму внутрішнього уваги («self-attention») BERT для вибору шуканої сутності.

Підхід «mention-scoring approach» з використанням алгоритму вилучення сутностей створює сукупність пар сутностей «займенник-кандидат». Після цього вхідні дані (пари «займенник-кандидат»), подаються в нейронну мережу прямого поширення з трьома прихованими шарами «rectified linear units» і проєктуються на вихідний шар BERT-кодувальника для отримання «pronoun-entity pair score» (F1-міра).

Якщо в аналізованому фрагменті кандидати відсутні або невідомі, то оцінка кореферентності дорівнює 0. Для навчання моделі BERT необхідно мінімізувати негативну логарифмічну ймовірність правильної попередньої сутності для аналізованого займенника (з урахуванням усіх витягнутих сутностей).

Відповідна функція втрат, що застосовується для такої мінімізації, має наступний вигляд:

$$J = -\sum_{p_i} \log \sum_{e_i \in E} Pr(p_i, e_i) \quad (1)$$

де E – набір іменованих сутностей e_1, \dots, e_n , витягнутих з тексту; p_i – i -й займенник в аналізованому фрагменті; $Pr(p_i, e_j)$ – значення F1-міри, отримане за допомогою BERT-кодувальника.

Оптимізація граничної логарифмічної ймовірності для всіх коректно зазначених сутностей здійснюється за допомогою BERT-моделі, що розкодує кожне слово фрагменту в його контексті з усередненими значеннями чотирьох останніх виходів. Початковий код моделі наведено в бібліотеці Pytorch [8].

Для експериментів був обраний збалансований GAP набір даних, що дозволяв врівноважити точність передбачення кореферентності чоловічих і жіночих займенників. Цей набір містить 4000 прикладів для навчання і 454 приклади для перевірки. Кожен із прикладів складався з уривку тексту з сутностями, що відносяться до аналізованого займенника. Завдяки збалансованому набору даних, результати передбачення жіночих займенників значно покращилися і зрівнялися з чоловічими.

Найкращі результати були отримані за допомогою «bert-large-cased» моделі с 24 шарами, до якої було додано лінійний шар розмірністю 2304 на 3 з дропаут-показником рівним 0.1. В якості оптимізатора використовувалася модифікована для даної моделі версія «Adam» - «BertAdam» з «learning rate» рівним $1e-5$. Також був використаний підхід «K-Fold», було взято 10 ітерацій, по дві епохи в кожній.

В результаті було отримано результат 0.20819 логарифмічної функції втрат на наданих 12000 тестових прикладах, а також F1-міра, яка дорівнює 84 на валідаційних даних з 457 прикладами. Найгірше значення F1-міри показали приклади, в яких займенник має відразу двох попередників і A і B – 71, в той час як F1-міра для кожного з можливих попередників складала приблизно 89.

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень було отримано результат, який має F1-міру, що на 30 перевершує тестовий результат, наданий в документації до GAP набору даних.

Для поліпшення отриманого результату можна провести більш детальний підбір гіперпараметров моделі, а також дослідити набір даних з метою виявлення додаткових властивостей.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Kellie Webster, Marta Recasens, Vera Axelrod, Jason Baldridge. Mind the GAP: A Balanced Corpus of Gendered Ambiguous Pronouns. arXiv preprint arXiv:1810.05201, 2018.
- [2] Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Lukasz Kaiser, Illia Polosukhin. Attention Is All You Need. arXiv preprint arXiv: 1706.03762, 2017.
- [3] Alex Sherstinsky. Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) Network. arXiv preprint arXiv: 1808.03314, 2018.
- [4] Jimmy Lei Ba, Jamie Ryan Kiros, Geoffrey E. Hinton. Layer Normalization. arXiv preprint arXiv: 1607.06450, 2016.
- [5] "Batch normalization in Neural Networks" [Online]. – Available: towardsdatascience.com.
- [6] Matthew Honnibal and Ines Montani. spacy 2: Natural language understanding with bloom embeddings, convolutional neural networks and incremental parsing. To appear, 2017.
- [7] Kevin Clark and Christopher D. Manning. Improving coreference resolution by learning entity-level distributed representations. In Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers), pages 643–653. Association for Computational Linguistics, 2016.
- [8] Pytorch docs [Online]. – Available: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html/>

General Methodical Approach to Cognitive Modeling of Complex Dynamic Processes in AnyLogic-7.02 Environment Based on Kolmogorov Differential Equations System

Borys Butvin
principal researcher
CSRI AME AF of Ukraine
Kyiv, Ukraine
butvin_bl@ukr.net

Yuriy Shtyfurak
principal researcher
National Technical University of
Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute"
Kyiv, Ukraine
yura.shtyfurak@gmail.com

Olga Zastelo
principal researcher
CSRI AME AF of Ukraine
Kyiv, Ukraine
zolga777@ukr.net

Abstract—The authors describe main methodological provisions of the cognitive approach to the simulation of complex dynamic systems in the AnyLogic – 7.02 environment, which is based on the Kolmogorov differential equations system.

Keywords—*cognitive approach, cognitive map, cognitive modeling, AnyLogic environment, Kolmogorov differential equations.*

Great number of research papers [1-3] are dedicated to cognitive models of complex dynamic systems. These papers, in particular, review the cognitive modeling basis and the study of semi-structured problems of socio-economic and other systems.

The urgency of the proposed approach is determined by the present-day conflict situations in the dynamically developing world, the task to assess the status of the economy and the current political situation to make the correct choice of political and foreign-economic course of Ukraine. The solution to this task can be found by using qualitative assessments of the region status based on the experience, knowledge and intuition of expert-analysts in a particular area. One of the potential approaches to the analysis of semi-structured problems areas, formed over the last decades, is called 'cognitive map analysis' or 'cognitive modeling' [1-3].

Today there does not exist a unanimous approach to creating a cognitive map. The complexity of large systems visualization becomes a problem. It is easy to display the first level of a cognitive model, but the upper detalization levels considerably complicate understanding of the model. In our opinion, a perspective solution to this problem is the application of the mind maps method.

While analyzing complex systems, researchers use static cognitive models that do not take into account the dynamics of factors interactions, which affects the quality of further analysis [4].

At the same time, the cognitive approach is used to support decision-making process in uncertain situations. It helps the agent capture the representation of the problematic situation in the form of a cognitive map as the basis of cognitive modeling. A cognitive map is a representation of the links between objects of the subject area being considered [5].

Cognitive modeling is a study of functioning and development of a system by means of constructing its model based on a cognitive map. Therefore, the key concept of cognitive modeling is a cognitive map, with the help of which it is possible not only to determine factors, but to detect links (mutual influence) between them as well [3]. The process of a cognitive map construction includes the following steps [6]:

1. Selection of the factors characterizing the problematic situation.

1.1. Separation of the basic factors (concepts) describing the essence of the problem. Identification the basic target factors from the set, the state of which is necessary to change.

1.2. Identification of the influence factors, which will be possible levers of influence on the situation (control parameters) in the model.

1.3. Identification of indicators (parameters) of factors and processes that reflect and explain the dynamics of the problematic situation development. Grouping into separate blocks of factors that characterize a certain sphere of the problem (geopolitical, macro- and microeconomic, social, ecological, demographic, industrial, regional, etc).

2. Grouping factors in blocks.

2.1. Selection for each block of partial indicators that specify the trends and processes under study.

2.2. Construction for each unit of a group of integral indicators, by which one can comprehend general tendencies in a certain sphere.

2.3. Identification of measurement scales for constructed indicators.

3. Identification of links between factors.

3.1. Identification of the direction of influence and the reciprocal influence of factors.

3.2. Identification of the impact nature (positive, negative).

3.3. Identification of the force of influence and the reciprocal influence of factors (in particular, in terms of linguistic variables).

3.4. Identification of the influence of links between factors of different blocks [6-7].

While solving the problem of cognitive modeling, we apply causal algebra. It is founded on macrostationary operations with fuzzy matrices. This algebra is a kind of regular algebra.

This approach is based on the notion of cognitive map that is a model of experts' representations and knowledge about the laws of development and qualities of an analyzed situation (system) in the form of elementary semantic categories associated by binary superiority. However, cognitive simulation based on mind maps allows neither investigating complex dynamic processes nor calculating rational impacts to achieve the desired effect on a complex process development in economics, politics etc.

According to this methodical approach the identification of rational inputs to the process status is based on finding its analytic functional as the Kolmogorov differential equations system. The application of the Kolmogorov differential equations system in the formulation of cognitive modeling enables more thorough solving of the evaluating rational influences problem to achieve the desired criterial level of the investigated process development.

Rational estimates of input effects (parameters) are determined using the OPTQuest heuristic algorithm, which is implemented in the AnyLogic 7 software.

Each of the input parameters has got some limits, that should be specified in tabular form. By implementing the heuristic algorithm, it is necessary to find rational estimates of the input parameters at which the value of the object is maximum (minimum). In addition, you should specify that it is necessary to find the maximum (minimum) of the criterion function in the form of an algorithmic function.

Moreover, this methodical approach to finding rational inputs (process parameters) helps the analyst understand what level the value of the investigated process should be put at in order to achieve a rational initial criterial value.

In addition, this methodical approach to the definition of rational inputs onto a complex dynamic process will provide information and analytical support for decision-making processes by relevant officials.

The structure of this methodical approach to the cognitive modeling of complex dynamic processes in AnyLogic 7 environment is shown in Figure 1.

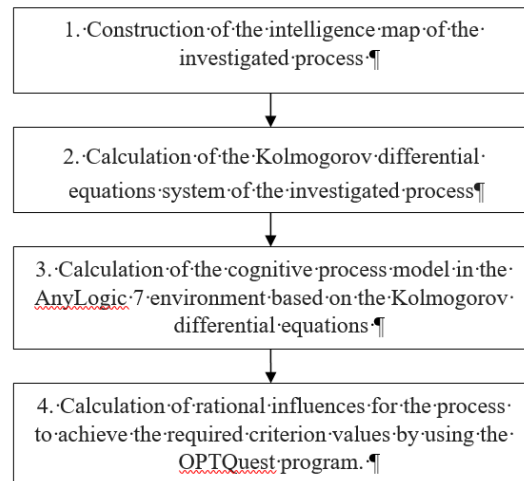


Fig. 1. Structure of the methodical approach to the cognitive modeling of complex dynamic processes in AnyLogic 7 environment

Thus, the developed methodical approach to the study of complex dynamic processes based on cognitive modeling of the problem with the help of the Kolmogorov differential equations enables the evaluation of the process development trends. The implementation of the OPTQuest optimizer solves the problem of calculating rational influences in order to achieve the process of the required criterion values.

REFERENCES

- [1] Maksimov V. I. Cognitive Technologies – from ignorance to understanding / V. I. Maximov // Proceedings of the 1st International Conference "Cognitive analysis and management of the development of situations", (CASC'2001) journal. – Moscow: IPU RAS, 2001. – vol. 1. – P. 4–18.
- [2] Scenario Analysis of the Behavior Dynamics of Socio-Economic Systems / [Kulba V. V., Kononov D. A., Kovalevsky S. S. et al.]. - Moscow: IPU RAS, 2002. - 122 p.
- [3] Gorelova G. V. Investigation of semi-structured problems of socio-economic systems: a cognitive approach / Gorelova G. V., Zakharova E.N., Radchenko S. A. – Rostov-on-Don: Publishing house of RSU, 2006. – 332 p.
- [4] Shtyfurak Yu. M. Methodological Approach to the Assessment of the Stability of the State (region) on the basis of Fuzzy Cognitive Models / Yu. M. Shtyfurak // Journal of the FISU Institute. – 2013. – No. 6 – P. 91–99.
- [5] Shtyfurak Yu. M. Analysis and Synthesis of Complex Systems based on the Cognitive Approach / Yu. M. Shtyfurak // Current issues of cyber security and information security: theses of the III International scientific and practical conference (Transcarpathian region, Mizhhirsky district, Verkhnyaya Studenje village, February, 22–25, 2017). – Kyiv: European University Publishing House, 2017. – P. 185–186.
- [6] Butvin B. L. A General Methodological Approach to the Construction of Dynamic Cognitive Models based on Mind Maps / B. L. Butvin, I. I. Stoyanov, Yu. M. Shtyfurak // Journal of the FISU Institute. – 2015. – No. 10. – P. 42–52.
- [7] Butvin B. L. Cognitive Analysis in Estimation and Forecasting of Threats to National Security of Ukraine / [B. L. Butvin, Yu. M. Shtyfurak et al.] – Kyiv: FISU Institute, 2015. – 89 p.

Analysis of the Modular Topology of Hybrid Neural Networks

O.I. Chumachenko

*Technical Cybernetic Department
National Technical University of
Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute"*
Kyiv, Ukraine
chumachenko@tk.kpi.ua
ORCID 0000-0003-3006-7460

K.D. Riazanovskiy

*Technical Cybernetic Department
National Technical University of
Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute"*
Kyiv, Ukraine
kudgey@mail.ru

A.T. Kot

*Technical Cybernetic Department
National Technical University of
Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute"*
Kyiv, Ukraine
anatoly.kot@gmail.com

Аналіз Модульної Топології Гібридних Нейронних Мереж

О.І. Чумаченко

*Кафедра технічної кібернетики
Національний технічний
університет України "Київський
політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського"*
Київ, Україна
chumachenko@tk.kpi.ua
ORCID 0000-0003-3006-7460

К.Д. Рязановський

*Кафедра технічної кібернетики
Національний технічний
університет України "Київський
політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського"*
Київ, Україна
kudgey@mail.ru

А.Т. Кот

*Кафедра технічної кібернетики
Національний технічний
університет України "Київський
політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського"*
Київ, Україна
anatoly.kot@gmail.com

Abstract—the report discusses the structures of modules composition and the problems associated with their learning. The optimal algorithm for modules learning for the classification problem is considered. Examples of specific structures are given. The structural-parametric synthesis of an ensemble of modules of neural networks are described. The results of the training of the modules and ensembles are presented, as well as a comparison with the results of the training of individual neural networks.

Анотація—у доповіді досліджується структура побудови модулів та проблеми, пов'язані з їх навчанням. Розглянуто оптимальний алгоритм навчання модулів для задачі класифікації. Наведені приклади конкретних структур. Розглянуто структурно-параметричний синтез ансамбля модулів нейронних мереж. Представлені результати навчання модулів і ансамблю модулів нейронних мереж, а також порівняння з результатами навчання окремих нейронних мереж.

Keywords—*neural network; module; ensemble; topology; classification.*

Ключові слова—*нейронна мережа; модуль; ансамбль; топологія; класифікація.*

I. INTRODUCTION

The classification problem is one of the most frequent tasks that arises in the field of machine learning. It is common in many areas of life. Researchers from around the world are developing tools and algorithms to solve this problem [1][2][3]. Due to its diversity, the data classification problem cannot always be solved by the same tools and algorithms, one of the most successful are neural networks (NN) [4]. Due to their flexibility and scalability, they can solve the most diverse and complex problems that are beyond the power of classical machine learning algorithms.

For more difficult tasks, the new development branch of NN has become to combine them into one module: one large network, which consists of several base networks. In the future, to increase accuracy, it is possible to combine such modules into ensembles. This will compensate for the shortcomings of each module by others, which will certainly have a positive impact on the final result of learning.

II. PROBLEM STATEMENT

The goal of this report is to research the possible structures of the module, the topologies of the networks

included in the module and the machine learning of the module for solving the classification problem. The further task of using the NN modules is to combine them into an ensemble.

III. PROBLEM SOLUTION

A. Modules

The module topology involves the sequential combination of several different neural network architectures. In general, the module operates in the same way as an individual NN. Its advantage is the combination of various data transformations, which allows to obtain more accurate results. The module topology is presented in Fig. 1.

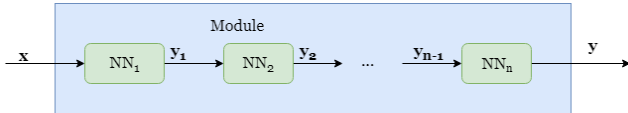


Fig. 1. Module topology

Modern technologies allow to operate with huge networks as with simple elements for building something larger, like LEGO bricks. The abstraction level of modern software is very high, everything is at an intuitive and understandable level, so the practical implementation of NN modules is a fairly easy task.

The main problem of modules composition is their learning algorithm. Inside the module there are several networks, therefore, we can train all these networks in different ways:

- all networks are trained together;
- some networks are trained together, some are trained separately;
- each network is trained separately on the training sets; then they are combined into a module.

The simplest way to train networks in a module is to use a genetic algorithm [5]. Each network has a certain number of its parameters. For each parameter a certain number of bits is allocated, then the parameters of all networks are combined into one chromosome in their bit representation. After this, the genetic algorithm is actually performed:

- 1) *generate initial population;*
- 2) *compute fitness;*
- 3) *selection;*
- 4) *crossover;*
- 5) *mutation;*
- 6) *compute fitness;*
- 7) *if population converged, then stop, else go to 3.*

As you can see, this training algorithm belongs to the first type: all networks are trained together. It has several disadvantages. Consider, for example, a module of three

networks, each of which has 100 parameters. For each parameter, we will allocate 4 bits. The chromosome will contain $3 * 100 * 4 = 1200$ genes. The convergence of this algorithm will require a tremendous amount of time and resources, so, in this case it is inefficient.

To maintain a balance of learning speed and accuracy, this report proposes using the network that is based on unsupervised learning as the first network. Its output goes to the input of the base network, which is trained separately under supervised learning. After the base network another network can be placed to refine the result.

The advantage of the structure presented above is that the first network is trained without a teacher very quickly, compared to the large base networks. It performs preprocessing (clustering, dimensionality reduction) of the input data, which ultimately has a positive effect on the following base networks. This preprocessing reduces the number of layers and neurons in the layers of the base network, so that it will be trained much faster and more accurately.

In some simple cases, a network that is based on unsupervised learning will already produce fairly accurate results, so the subsequent small base network will only refine them. In sum, the training of such two small networks will be much less than the training of one large base network.

In this report, the use of the Kohonen network [6] as the first network is proposed for solving the classification problem. It performs the separation of input data into groups, and the subsequent base network can determine the correct class label using the “hint” of the first network. Kohonen network is trained very quickly. It will reduce the dimension of the input data, and also determine the group of each input sample. In this case, samples that belong to the same class fall into one or neighboring groups. For more accurate work of the Kohonen network, the use of an interpolation algorithm is required during training.

As a base network, various networks can be used (e.g. perceptron, radial-basis function network, NEFClassM, etc.).

The full topology of the proposed module is presented in Fig. 2.

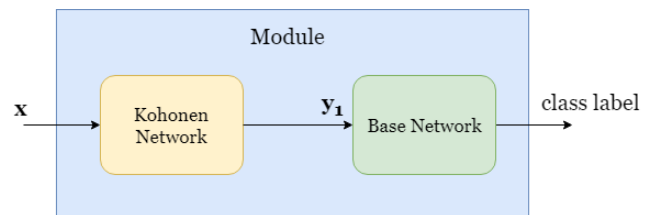


Fig. 2. Proposed module topology

To refine the classification result, bidirectional associative memory [8] can be used after the base network.

B. Ensembles

In simple cases, the construction of a single module may be sufficient to achieve the required accuracy, but to solve

complex problems it is necessary to use several modules combined into one ensemble.

The construction of the ensemble allows you to look at the problem from points of view of different modules. The usage of elements of the ensemble as modules presented in Fig. 2 instead of simple neural networks has a set of advantages. It requires less memory, takes less time to train and, as will be shown in the next part, has greater accuracy than an ensemble consisting of individual neural networks.

IV. EXAMPLE ON REAL SET

For the experiment, modules were used, which consist of two networks. The first is the Kohonen network and the second is the base network. As the base networks were used: perceptron, radial-basis function network, counter propagation network, probabilistic neural network, NEFClassM, Naïve Bayes Classifier. In order to show a clear advantage of modular topology over individual NN, a comparison was made with the results obtained in [7]. For the experiment, the same Wine data set was used: 178 samples, 13 features represented by real numbers greater than zero, 3 classes, 80% datasets were taken for the training sample and 20% for the test sample. In this experiment no data standardization was performed.

1. *Kohonen network.* At the beginning of the study, the Kohonen network was trained. The number of output neurons in the network is 3. In this way, after preprocessing by this network, the data dimension decreased by more than 4 times. Network training time is 3.6 ms. On large datasets, obviously, time will be longer, but it is not comparable with dozens of minutes, hours, days of training large networks with complex architectures.

2. *Perceptron.* Reducing the number of input neurons to 3 reduced the number of neurons in the hidden layer from 48, as in [7], to 6, that is, 8 times. The activation function of the neurons of hidden layer is logistic sigmoid and of output layer is softmax function. The optimization algorithm is Adam. Loss function is crossentropy.

3. *Radial-basis function network (RBFN).* The number of neurons in the hidden layer is 3, decreased by half, compared with [7]. As a radial basis function, a Gaussian function was selected. Gaussian function centers of each neuron of the hidden layer is initialized by centers of 3 clusters, found using the k-means algorithm in the training sample. The optimization algorithm is Adam. Loss function is crossentropy.

4. *Counter propagation network (CPN).* The number of neurons in the input layer is 3, in the hidden layer is 3. Before the start of training, input vectors were normalized. The weights of the Kohonen layer were initialized with random values from the interval (0, 1) and normalized.

5. *Probabilistic neural network (PNN).* The number of neurons in the input layer is 3, in the first hidden layer is 142, in the second hidden layer is 3.

6. *NEFClassM.* Number of input neurons is 3. For each feature three initial fuzzy sets were defined with the names “small”, “medium”, “large”. In the rule layer there are 3 neurons. From the trained rule base, one best rule was obtained for each class. Number of output neurons is 3. The maximum number of generated rules is 50 instead of 40 as in [7]. The parameters of fuzzy sets were trained by the gradient method.

7. *Naïve Bayes Classifier.* Distribution functions are normal distributions. Priors is a ratio of the number of samples in the class to the total number of samples.

The learning results of the modules and all the networks described above are presented in Table 1.

TABLE I. NUMBER OF MISSCLASSIFIED SAMPLES OF TRAINED MODULES AND INDIVIDUAL NETWORKS

List of NN	Without Kohonen network		With Kohonen network (module)	
	Train	Test	Train	Test
Perceptron	94	28	6	0
RBFN	87	22	5	0
CPN	42	10	20	2
PNN	17	9	7	1
Naïve Bayes	7	2	5	0
NEFClassM	28	7	8	0

As you can see, the simplification of the architecture and the lack of preliminary standardization significantly affected the accuracy of the underlying networks. At the same time, the preprocessing by the Kohonen network gave very good results that exceed the results presented in [7].

Subsequently, individual contributions of each network [7] were found and the ensemble pruning operation [7] was performed. The results obtained are shown in Table 2.

TABLE I. NUMBER OF MISSCLASSIFIED SAMPLES WITH PRUNED ENSEMBLE OF INDIVIDUAL NN AND MODULES

Pruned NN ensemble	Pruned modules ensemble			
	Train	Test	Train	Test
Naïve Bayes, NEFClassM, PNN	7	3	3	0
				Perceptron, Naïve Bayes, NEFClassM

As the results showed, the accuracy of the pruned ensemble of modules is higher than the accuracy of an ensemble of individual networks without preprocessing. It also exceeded the accuracy values of the ensemble from [7]. At the same time, thanks to the simplified architecture of the basic networks, the learning time was significantly lower.

V. CONCLUSION

The results showed that the use of the neural networks module, the first element of which is the Kohonen network, and the second is the basic network, allows to obtain accuracy indicators that exceed the corresponding indicators of individual networks. At the same time, to achieve a given accuracy, the total training time of the module is much lower than the training of a separate network with a complex architecture. Simplification of the topology of the basic

networks in the module allowed to reduce the memory occupied by them.

Due to these advantages, the construction of an ensemble of modules of neural networks is a more efficient and fast solution. As the results of the study showed, the pruned ensemble of the modules presented in this report has accuracy indicators that exceed those of the individual networks from [7], while less memory and training time is required.

REFERENCES

- [1] M. Wozniak, M. Graña and E. Corchado, "A survey of multiple classifier systems as hybrid systems," in *Information Fusion*, vol. 16, pp. 3-17, March 2014.
- [2] S. S. Tirumala and A. Narayanan, "Hierarchical data classification using deep neural networks," in *Neural Information Processing*, Springer International Publishing, 2015, pp. 492-500.
- [3] X-F. Gu and L. Liu and J-P. Li and Y-Y. Huang and J. Lin, "Data classification based on artificial neural networks," International Conference on Apperceiving Computing and Intelligence Analysis, pp. 223-226, 2008.
- [4] M. Fernandez-Delgado, E. Cernadas, S. Barro, D. Amorim, "Do we need hundreds of classifiers to solve reald world classification problems?" in *Journal of Machine Learning Research*, 15, 2014, pp. 3133-3181.
- [5] M. Mitchell, *Genetic Algorithms: An Overview*. Complexity, vol. 1, pp. 31-39, 1995.
- [6] T. Kohonen and T. Honkela, "Kohonen network," 2007, accessed: March 2012. [Online]. Available: [http://www.scholarpedia.org/article/Kohonen network](http://www.scholarpedia.org/article/Kohonen_network).
- [7] O. I. Chumachenko and K. D. Riazanovskiy, "Structural-parametric syntesis of neural network ensemble based on the estimation of individual contribution," in *Electronics and Control Systems*, No 59, pp. 66-77, 2019.
- [8] B. Kosko, "Bidirectional associative memories," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 18, pp. 49-60, January/February 1988.

Searching For Resilient Project Structure

Judyta Ciemcioch

*AGH University of Science
and Technology*
Cracow, Poland
judyta.ciemcioch@gmail.com

Grzegorz Ginda

*AGH University of Science
and Technology*
Cracow, Poland
gginda@zarz.agh.edu.pl

Abstract—Project optimization often deals with simple minimization of its makespan and cost for a given order of project components i.e. project structure. However, project execution effects may be improved at most with the application of appropriate project order. The problem of the utilization of appropriate project structure is nevertheless often neglected. This is why project optimization efforts usually result in suboptimal project implementation. Moreover, the actual effects of optimized project depend on possible disruptions in surrounding environment. The meaningful disruptions may have different e.g. financial and other resource-based, societal, environmental nature etc. It is necessary, therefore, to make project disruption-proof. This is why a framework for the framework that is capable of delivering project structure that makes project implementation resilient to possible disruptions is presented in the paper.

Keywords—project management, project structure, disruption, resiliency

I. INTRODUCTION

Projects are used in diverse areas to obtain different goals. Successful project implementation depends on careful project preparation and project management. However, the uncontrolled influence of continuously changing surrounding environment, contemporary complex projects are implemented in, may disrupt actual project implementation effects as well. For example, such influence may result from changing fiscal, political, societal and environmental issues. This is why the implementation of contemporary complex projects should be prepared in a way that makes such project resilient to possible disruptions in as much as it is only possible.

Projects are optimized to provide necessary means for the best possible project implementation results. Project optimization is aimed at obtaining the best possible levels of project characteristics – makespan, cost etc. Limits of available resources are included in this regard. The optimization results in a project implementation timeline.

Resulting project timeline deals with the applied order of project components – activities that make obtaining necessary intermediate project implementation results – intermediate goals – possible. An order of project components is called project structure in the paper. A permissible project structure results from pre-order of project components. The pre-order is defined by obligatory precedence of project components.

Possible scale of project optimization depends mainly on the assumed order of project components. The role of order of project components is nevertheless often neglected. And as a result – project optimization results in a suboptimal project implementation only.

Possible project disruption caused by adverse changes in surrounding environment are usually neglected while optimizing a project due to project analysis complexity. Hence the actual appearance of project disruptions result in optimized project implementation performance which is far away from expected performance. Considering possible project disruptions during project optimization becomes important, therefore, to ensure expected project implementation effects that are at least close to the expected effects in the presence of disruptions. It seems that, because to the fundamental role of applied project structure for final performance of project implementation, the application of appropriate choice of the structure would to make project resilient to possible disruption resulting from changes in surrounding environment.

Rising of diverse natural, societal, political, and technical threads cause that resiliency to uncontrollable changes in surrounding environment becomes more and more interesting topic for scientific research [1]. However, up to our knowledge, despite an urgent need for providing reliable tools for resilient planning of project implementation, no proposal currently addresses coping with improving project resiliency to disruptions changes in surrounding environment by means of proper project structure choice. This is why a framework for project optimization which is capable of delivering a project structure that makes project resilient to possible surrounding environment-induced disruptions. Thus, the rest of the paper is structured as follows. The second section is devoted to tentative assumptions. The elements of actual disruption-aware project optimization framework are presented in the third section. Final conclusions are included in the last section.

II. TENTATIVE ASSUMPTIONS

A project consists of n components. The components are related to one another by an obligatory precedence order. The precedence order decides if each pair of project components may be applied only in sequence or in any way. Note that number of possible admissible project structures may rise a lot with the cardinality of a set of project components.

Once the implementation of project component starts it doesn't stop until its successful end. The same deals is true in

the case of the implementation of project components. Each project component is responsible for some intermediate goals. The goal may be achieved by means of using different possible ways (modes). The application of each mode requires utilization of some resources. The resources deal with manpower, equipment, materials, space, financial means etc. Actual availability of resources is limited and may change in time. However, it is assumed that once a given resource is engaged, it becomes entirely involved in the implementation of a project component til its successful completion. The availability of resources may be limited in both time and space. Note that limited nature of resources needed by project components may cause delays in actual start of project component implementation.

Implementation of project components may undergo disruptions resulting from changes in surrounding economic, societal, technological, political, fiscal environment and natural phenomena. Disruptions may result in diverse adverse effects: delays, cost overruns, unnecessary blocking of resources, a need for etc. Possible modes for project component implementation may differ in actual sensitivity to disruptions.

Several attributes may be applied to assess the effects of project implementation. Both tangible attributes (makespan, cost etc.) and intangible attributes (influence on surrounding environment etc.) may be applied in this regard. Level of project attributes results from attributes levels obtained for individual project components. The attributes can be utilised to assess the effects of the implementation of overall project and its components.

Note that clear recommendation of best project implementation involves making several decisions at once. The decisions deal with the indication of appropriate:

- project structure;
- modes for the implementation of project components which also define required resources;
- project starting date.

III. PROJECT IMPLEMENTATION MODELLING

A. Principles

The application of flexible and universal means is welcome to model project implementation in a comfortable way. A notion of a joint directed graph (digraph) is applied, therefore, as a basis for description of both obligatory precedence of project components and a project structure. Note that a digraph may be expressed by a matrix. The actual application of such digraph representation facilitates project optimization process a lot.

The digraph of predecessors Γ^- and digraph of successors Γ^+ are applied to express admissible precedence of project components. The digraphs may be expressed by a corresponding binary n by n binary matrix of (project component) predecessors Γ^- and a corresponding n by n binary matrix of (project component) successors Γ^+ , respectively. The matrices are strictly related to each other:

$$\Gamma^- = \Gamma^+ \quad (1)$$

This is why one of them is sufficient to describe obligatory order of project components.

Structure of project is defined by a digraph $G(U,V)$ and a corresponding n by n matrix \mathbf{G} , where U denotes digraph's vertices and V – digraph's arcs. Note that in the case of all above mentioned digraphs vertices (nodes) represent project components while the arcs – the precedence of project components.

A notion of a network $S(G,\Phi,\Psi)$ is applied to express actual project implementation. The network is based on a digraph G . Symbols Φ, Ψ express sets of attributes describing project components and sets of attributes which define their immediate precedence, respectively.

The effects of project implementation are expressed by a set of meaningful attributes. The set may include casual tangible project attributes: makespan, cost, starting date, due date as well as other original tangible attributes e.g. level of the utilization of available resources. The application of intangible project attributes is also possible. All in all, project implementation attributes result from actual network S . However, they may be also directly influenced by changes in surrounding environment.

To provide necessary means for recommending project implementation and assess project implementation quality, a vector function F is introduced. The function makes final recommendation of project implementation(s) possible. The recommendation is results from a multi-level optimization with the following goal function:

$$\min_{G \in \Gamma} \left\{ \min_{\theta_0} \left\{ \min_S F[S(G, \Phi, \Psi), \omega(\tau)] \right\} \right\}, \quad (2)$$

where: Γ denotes a set of permissible project structures, θ_0 is a starting date for actual project implementation, and $\omega(t)$ expresses the influence of surrounding environment which changes in time t .

The goal function is accompanied by a set of constraints imposed on considered attributes of whole project and its components. Considered optimization problem belongs to the general class of multi-criteria multi-mode resource-constrained project scheduling problems [2]. It is nevertheless a peculiar and unique class instance because it considers intangibles and unknown influence of surrounding environment.

It is visible from goal function (2) that consecutive optimization levels deal with individual decisions. The decisions pertain to the choice of appropriate:

- Project structure.
- Starting date for actual project implementation.
- Actual modes for project components.

Note that higher level decisions impose considerable restraints on permissible lower level decisions.

Goal function is intentionally given in a general form (2). This is because such form allows to make use of both tangible and intangible project attributes while optimizing project implementation. Moreover, the general nature of the goal function (2) doesn't favour use of any particular optimization model class and opens presented framework to the wide family of optimization model classes.

B. The optimization

Several challenges arise while considering the optimization of project implementation. The main problems deal with the need for:

- Considering all permitted project structures and modes for project components.
- The use of both tangible and intangible project attributes.
- The influence of surrounding environment.

The problems impede optimization efforts. Monte Carlo simulations were finally chosen to generate permitted project structures, to select actual modes for project components and to simulate changes in surrounding environment. A notion of Pareto efficiency-based dominance and pair-wise comparisons helped to address a need for use of both tangible and intangible project attributes.

permissible project structures. The first inner loop pertains to simulations of changes in surrounding environment. It contains two inner loops. The outer one allows to consider influence of actual allocation of modes to project components on project implementation outcomes. The inner one deals with the influence of starting date θ_0 on the outcomes. Note that replying of calculations for different starting dates makes sense because of possible time-dependent changes in surrounding environment.

The application of each tuple consisting of considered:

- project structure G ,
- surrounding environment state $\omega(\tau)$,
- actual mode allocations to project components,
- starting date θ_0 .

results in a network S corresponding with a distinct project implementation. The pair-wise comparison of the attributes of such project implementation with attributes of previously identified non-dominated project implementation(s) to check if it is a non-dominated in the sense of Pareto-efficiency. If so, it is applied to update the set of non-dominated project implementations. nS . Note that the identification of new non-dominated project implementation may also require deepening nS update by removing project implementations which become dominated by the newly added project implementation.

Note that to obtain reliable results and facilitate calculations core simulations should be carefully prepared. Several experimental simulation runs are needed, therefore, to identify appropriate probability density models and to identify necessary parameters e.g. number of required core simulation runs. Particular care is indispensable with regard to the preparation of simulations of surrounding environment state. This is because the reliability of the framework is extremely sensitive to any inadequacy in capturing surrounding environment state reality [3]. Multiple repetitions of optimization framework is also recommended to consider as much possible permissible project implementations as possible.

The optimization of project implementation may result in one or a set of several non-dominated candidates for the recommended project implementation. In the latter case there appears problem which dominated project implementation to recommend for final application? Pair-wise comparisons may prove helpful in this regard, again. The ability to consider difference in importance of project implementation attributes is nevertheless needed here.

For example, a multi-attribute value theory-based technique like Saaty's AHP [4,5] may prove to be a relatively easy to use tool. Another possibility deals with the application of an outranking-based technique like Bran's PROMETHEE [6]. There are also some well known strategies of psychological origin available e.g. intuitionistic heuristic techniques like Tversky's semi-lexicographic strategy and aspect-wise elimination strategy [7,8]. Note that some additional limitations imposed on main or auxiliary project implementation attributes may also help a lot in the identification of the most valuable project implementation.

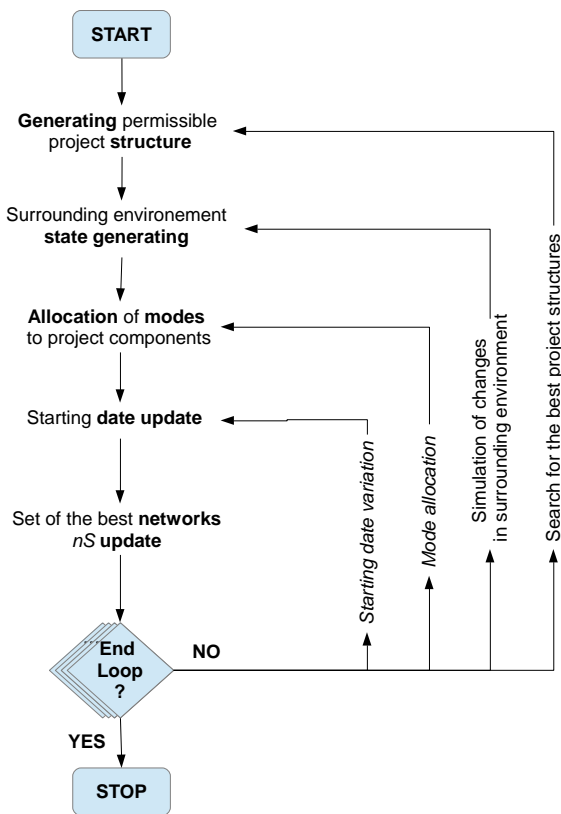


Fig. 1. Illustration of general idea of proposed framework

The general scheme for proposed optimization framework is presented in Fig.1. Four embedded loops are applied in this regard. The outermost loop deals with the generation of

To avoid pitfalls with regard to the identification of the really best non-dominated project implementation alternative, the application of sensitivity analysis is recommended. The analysis can deal with the influence of different decision support tools or differences in preferences toward different project implementation attributes.

A general two-stage framework for final recommendation of project implementation (Fig.2) consists of two stages which are devoted to:

- The identification of non-dominated project implementations.
- Final indication of the most advantageous non-dominated project implementation.

C. Software implementation

Complexity of proposed framework makes software application support indispensable. Fortunately, the development in information and communication technology delivers a lot of possible options available that are capable of facilitating software implementation of the framework. Many of them are freely available under free and libre open source software (FLOSS) framework. For meaningful details consult for example the *Floss for Science* initiative presented at <https://flossforscience.com>.

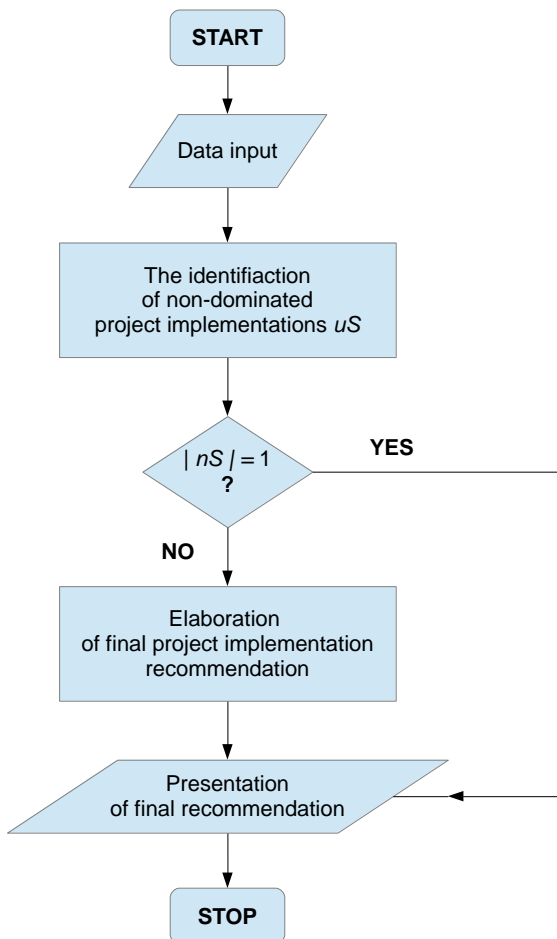


Fig. 2. General scheme of the proposed recommendation framework

There are also several FLOSS options available that seem suitable for the implementation of the proposed framework. For example, GNU OCTAVE - a multi-platform scientific programming language system available at <https://www.gnu.org/software/octave> provides necessary means for matrix, numerical and simulation analysis.

Another suitable option is provided by core programming languages with useful extensions. It seems that, due to universality and rising popularity, the application of van Rossum's Python programming language should be recommended in this regard. Python implementations are freely available at web page dedicated to the language: <https://www.python.org>.

IV. CONCLUSIONS

Contemporary projects are implemented in specific multi-dimensional surrounding environment. The complexity of interactions with surrounding environment result in a considerable dependence of actual project implementation outcomes on actual changes in surrounding environment. Therefore, it is necessary to plan the implementation of contemporary projects in a way which would make them resilient to possible changes in surrounding environment as much as only possible. A framework is thus presented in the paper which is capable of recommending project implementation which would be resilient to changes in surrounding environment at the highest possible level. The framework makes use of appropriate choice of project structure in this regard.

Besides the capability of including tangible and intangible influence of surrounding environment changes, the main merits of the framework cover the ability to include both tangible and intangible effects of project implementation. The framework is also capable of including different possible ways for implementing project components while considering limited availability of necessary resources. Therefore, it seems also to be a tool that considerably improves to the reliability of solutions of wide class of multi-criteria multi-mode resource constrained project scheduling problems.

Universal and comprehensive nature of proposed framework makes it well suited for recommending reliable project structure and a resulting schedule in different areas. Actual reliability of indispensable software implementation of the framework heavily depends, however, on the adequacy of modeling influence of surrounding environment. Specific implementation of the framework requires, therefore, careful adjustment to actual needs. Hopefully, the application of available FLOSS tools makes it approachable.

ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to thank AGH UST for providing financial means for the research and publication of the paper.

REFERENCES

[1] Y.-P. Fang, E. Zio, „An adaptive robust framework for the optimization of the resilience of independent infrastructures under

- natural hazards”, *European Journal of Operational Research*, vol. 276(3), 2019, pp. 1119–1136.
- [2] J. Węglarz, J. Józefowska, M. Mika, G. Waligóra, “Project scheduling with finite or infinite number of activity processing modes a survey”, *European Journal of Operational Research*, vol. 208(3), 2011, pp. 177–205.
- [3] M. Dytczak, G. Ginda, N. Szklennik, and T. Wojtkiewicz, “Weather Influence-Aware Robust Construction Project Structure”, *Procedia Engineering*, vol.57, pp. 244–253, 2013.
- [4] T.L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, 1980.
- [5] E. Rokou, K. Kirytopoulos, “Multicriteria Decision Making for Project Scheduling under Resource Constraints”, *Proceedings of ISAHP 2013*, June 2013 [paper no.056, available at: <https://doi.org/10.13033/isahp.y2013.056>].
- [6] J.P. Brans, *L'ingénierie de la décision: élaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE*. Presses de l'Université Laval, 1982.
- [7] A. Tversky, “Intransitivity of preference”, *Psychological Review*, no. 76, 1969, pp. 31–48.
- [8] A. Tversky, “Elimination by aspects: a theory of choice”, *Psychological Review*, no. 79, 1972, pp. 281–299.

Синтез Активних П'єзоелектричних Фільтрів Нижніх Частот Методами Оптимізації Для САПР

Г.М. Єргієв

*кафедра автоматизованих систем та кібербезпеки
Одеська державна академія технічного регулювання і якості
Одеса, Україна.
ergiev54@gmail.com*

Synthesis of Active Piezoelectric Lowpass Filters by Methods of Optimization For CAD

G. Yergiev

*Department of the automated systems and cyber security
Odessa state academy of the technical regulation and quality
Odessa, Ukraine.
ergiev54@gmail.com*

Анотація—У статті розглядається процедура синтезу активних п'єзоелектричних фільтрів по робочих параметрах. Завдання апроксимації частотних характеристик фільтру вирішується методами оптимізації, при цьому враховуються всі умови фізичної і схемної реалізації фільтру в класі вказаних ланцюгів. Схемна реалізація заснована на каскадному включенні заздалегідь відібраних ланок, включених в певну базу САПР.

Abstract – The procedure for synthesizing active piezoelectric filters according to operating parameters is considered in the article. The problem of approximation of the frequency characteristics of the filter is solved by optimization methods, all the conditions of the physical and circuit realizability of the filter in the class of these circuits are taken into account. Schema implementation is based on the cascading of pre-selected links included in the CAD database.

Ключові слова—активний п'єзоелектричний фільтр, апроксимація, оптимізація, каскадно-розв'язане включення, базовий набір ланок.

Keywords—active piezoelectric filter, approximation, optimization, cascade-untied, base set of links.

I. ВСТУП

При проектуванні і розробці різних систем в області зв'язку, радіолокації, автоматичного управління для прецизійного приладобудування і вимірювань, скрізь де потрібний високо вибіркові з високо стабільними характеристиками пристрої частотного розділення сигналів, одним з найбільш вдалих технічних рішень такої задачі є реалізація подібних пристроїв в класі схем активних фільтрів з п'єзоелектричними резонаторами [1-4]. Найбільш поширеним підходом при побудові схем активних п'єзоелектричних фільтрів є застосування

активних аналогів мостових схем побудованих на базі операційних підсилювачів [2,3] оскільки в порівнянні з рештою варіантів вони дозволяють забезпечити всі вимоги по вибірковості і стабільності, у поєднанні з вирішенням питань за погодженням і посиленням. Проте, розрахунок фільтрів з п'єзоелектричними резонаторами по робочих параметрах має ряд специфічних вимог і обмежень по співвідношеннях його параметрів [2-4]. Тому, добре розроблені методи синтезу активних RC-фільтрів, які в даний час втілені в системах автоматичного проектування САПР [5] для розрахунків активних фільтрів з п'єзоелектричними резонаторами не застосовні.

II. МЕТА РОБОТИ

Розробка методу автоматичного синтезу активний фільтрів нижніх частот з п'єзоелектричними резонаторами. Процедуру реалізації фільтру пропонується здійснювати на базі каскадного включення відповідних активних ланок з деякого базового обмеженого набору, що закладається в базу САПР, а завдання апроксимації (конструювання передавальної функції) вирішується методами оптимізації з урахуванням всіх умов фізичної і схемної реалізації в класі Агс схем з п'єзоелектричними резонаторами.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для побудови таких НЧ фільтрів застосовуватимемо схеми активний еквівалентів мостової схем, в одному плечі якої, замість резонатора включають паралельний LC контур. На рис. 1 наведено приклад схеми активної ланки для реалізації НЧ фільтрів, де для спрощення сприйняття приведено традиційне відображення

індуктивності, яка зазвичай в сучасній схемотехніці реалізується гіраторами [2].

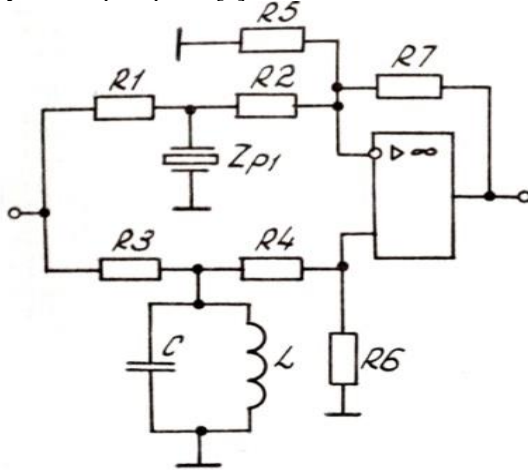


Рис. 1. Схема ланки фільтра НЧ.

Як наголошувалося вище, схемна реалізація фільтрів вирішується на базі каскадно-розв'язаного включення ланок (рис. 1) при цьому, передавальна функція складного фільтру представляється у вигляді:

$$T(p) = \prod_{i=1}^q T_i(p), \quad (1)$$

де $T_i(p)$ і $(p=j\omega)$ – передавальна функція i -ї ланки, q – число ланок, визначаване методом послідовних ітерацій, виходячи з технічних вимог до робочих характеристик фільтру в смузі затримання (СЗ). При реалізації схеми на базі ланки з одним резонатором в одному плечі і паралельним LC контур в іншому $T_i(p)$ має вигляд:

$$T_i(p) = \frac{k(p^2 + \omega_{\infty 1}^2)(p^2 + \omega_{\infty 2}^2)}{(p^3 x_5 + p^2 + p x_4 + x_3)(p^2 x_2 + p x_1 + 1)}, \quad (2)$$

тут: k – коефіцієнт посилення ланки, ω_{∞} – нулі $T_i(p)$, які лежать в смузі затримання (СЗ), x – коефіцієнти $T_i(p)$, які знаходимо на етапі вирішення задачі апроксимації.

Завдання апроксимації амплітудно-частотної характеристики фільтру, тобто конструювання передавальної функції вигляду (1) з урахуванням всіх умов її фізичної і схемної реалізації в класі Арг ланцюгів з п'єзоелектричними резонаторами по аналогії з [4] вирішуватимемо методами оптимізації, яка формулюється в термінах задачі нелінійного програмування з обмеженнями. В нашому випадку, вирішення завдання апроксимації сформулюємо в наступному вигляді: при фіксованому порядку функції

$T(p)$ вигляду (1), і заданими значеннями нулів $T_i(p)$ –

$\omega_{\infty i}$ (i – номер ланки) знайти:

$$\min_{x \in G} \max_{\omega \in \Omega} |A(\omega, x)|, \quad (3)$$

де $A(\omega, x) = 10 \lg(1/|T(p)|^2)$ при $p = j\omega$,

характеристика загасання фільтру, в термінах якого найчастіше задаються вимоги робочих характеристик фільтрів.

Ω – множина частот в інтервалі наближення (у смузі пропускання фільтру СП), G – множина допустимих значень шуканих змінних x – коефіцієнтів функції (1), де $T_i(p)$ має вигляд (2),

x – вектор коефіцієнтів функції $T(p)$.

У нашому випадку, множина G описується наступними співвідношеннями:

$$x_{1i} > 0, x_{2i} > 0, x_{3i} > 0, x_{4i} > 0, x_{5i} > 0,$$

$$\omega_{\infty 1i}^2 + \omega_{\infty 2i}^2 = (x_{2i} x_{3i} - x_{1i} x_{4i} + 1) / (x_{2i} - x_{1i} x_{5i}),$$

$$\omega_{\infty 1i}^2 \omega_{\infty 2i}^2 = x_{3i} / (x_{2i} - x_{1i} x_{5i}),$$

$$x_{3i} x_{5i} / (x_{4i} - x_{3i} x_{5i}) \geq r.$$

Перші п'ять груп нерівностей відображають умови фізичної реалізації, обмеження рівності пов'язані з відносним положенням частот $\omega_{\infty i}$, остання група нерівностей визначає умови що до можливості схемної реалізації фільтру в класі схем з п'єзоелектричними резонаторами і пов'язана з обмеженнями на ємкісний коефіцієнт резонаторів r , який залежить від п'єзоелектричних характеристик матеріалу (наприклад для природнього кварцу $r=125$).

Як було сказано вище, сформульоване завдання апроксимації відноситься до класу завдань нелінійного програмування з обмеженнями, яка за допомогою методу зовнішніх штрафних функцій, що не диференціюються, може бути зведена до задачі безумовної оптимізації, рішення яких добре розроблено і зустрічаються в багатьох прикладних математичних пакетах. Тестування показало, що одним з найбільш зручних методів для пошуку рішення задачі конструювання оптимальної передавальної функції фільтрів $T(p)$ в вказаному класі схем є метод Нелдера-Міда. Він відноситься до методів нульового порядку, який не вимагає інформації про похідні цільової функції (3).

Нижче в табл.1 наведені результати рішення задачі апроксимації для фільтру, який складається з однієї ланки що відображена на рис.1. При нормованих значеннях $\omega_{\infty 1} = 1,06$, і $\omega_{\infty 2} = 1,15$ та чотирьох значеннях граничних вимог в СЗ отримано чотири варіанти функцій з різними мінімальними значеннями нерівномірності загасання ΔA в смузі пропускання.

ТАБЛИЦЯ I. РЕЗУЛЬТАТИ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ АПРОКСИМАЦІЇ

ΔA дБ	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
0,2	1,15515	0,191759	1,107420	0,756723	0,678863
0,4	1,11300	0,194580	1,105886	0,956622	0,859482
0,6	1,11085	0,218249	1,105720	0,844063	0,758411
2,5	0,921337	0,144908	1,093740	2,399630	2,176540

Розрахунок елементів схеми, в загальному випадку, пов'язаний із структурою передавальної функції схем ланок, що в системах САПР закладаються в базовий набір використовуваних схемних рішень. Для наведеного прикладу схеми ланки рис.1 з передавальною функцією (2) елементи схеми пов'язані з коефіцієнтами $T(p)$ наступними співвідношеннями:

- параметри еквівалентної схеми заміщення резонатора[4]:

$C_s = 1/L_s x_3$ – динамічна ємність резонатора (L_s задається, виходячи з властивостей п'єзоматеріалу),

$C_p = x_3 x_5 C_p / (x_4 - x_3 x_5)$ – статична ємність резонатора.

- параметри контуру:

$$L = x_1 R_n, C = x_2 / L, \text{де } R_n = x_5 / C_p.$$

- резистивні елементи схеми:

$$R1 = R2 = 2R_n, R3 = R4 + R6 = 2R_n, R7 = 4R_n, \\ R5 = R7 R6 / (R7 - R6).$$

IV. Висновки

Розглянутий підхід до синтезу фільтрів в класі ARC схем з п'єзоелектричними резонаторами дає можливість отримання оптимальні характеристики фільтру, для певних робочих вимог, враховувати умови фізичної і

схемної реалізації схеми фільтра на етапі конструювання його передавальної функції, розрахувати всі елементи схеми в тому числі і параметри резонаторів. Вся процедура синтезу з урахуванням підходу до реалізації фільтрів формалізована і може бути використана для побудови відповідної САПР.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Тюменцев А. Современные частотные фильтры / И. Ясинский, А. Яковлев // Современная электроника. – 2011. – № 8. – С. 26-27.
- [2] Загерин А. И. Активные фильтры на тонкопленочных пьезоэлектрических резонаторах: Авто-реф. дис. ... канд. тех. наук: 05.27.01/ А.И. Загерин ; КПИ. – Киев, 2016. – 20 с.
- [3] Ергиев Г.Н. Узкополосный двухзвенный активный пьезоэлектрический RC-фильтр / Г. Н. Ергиев, А.М. Иваницкий // Электросвязь. – 1986. – № 6. – С. 57-59.
- [4] Ергиев Г.Н. Синтез активных RC-фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами [Текст] // Збірник наукових праць ОДАТРЯ. – 2016. - №2(9). – С. 31-35. - ISSN 2412-5288.
- [5] Златин И. Синтез аналоговых активных и пассивных фильтров в Micro-Cap 8 / И. Златин // Компоненты и технологии. – 2006. – № 1. – С. 120-124.

Agent-Based Simulation of Human Behavior In the Case of Dangerous Events

Mikołaj Grotowski
Faculty of Management
AGH University of Science and Technology
Kraków, Poland
mikolaj.grotowski@agh.edu.pl

Jerzy Mikulik
Faculty of Management
AGH University of Science and Technology
Kraków, Poland
jmikulik@zarz.agh.edu.pl

Abstract—The present world is struggling to a greater extent, with the problem of ensuring security. Hence the growing demand for simulations of dangerous events. Most of these events involve people's participation. In the case of large groups, it is easier. However, the problem remains of simulating the actions of individuals, especially those who are under the influence of strong emotions that usually accompany such events. The authors have attempted to solve this problem based on solutions previously used only in the computer games industry. The work discusses the basic assumptions, implemented mechanisms, and results of the first tests of the use of these mechanisms in simulations of building evacuation processes. The work consists of the following parts: Introduction, review of existing solutions, the proposal of a solution, description of the implementation, and discussion of the results so far.

Keywords— Security, human behavior modeling, agent-based simulation.

I. INTRODUCTION

The need to ensure that safety is one of the basic human needs. To ensure them, all knowledge available to man is used. No wonder, then, that the simulation of non-safe phenomena has been used since the possibilities of computers allowed them. However, most of the currently used algorithms have the disadvantage that it does not allow to investigate how human emotions can affect a simulated phenomenon. Our research aims to introduce the influence of emotions to the variables under consideration in the simulation process. This is intentional because human emotions have a very significant impact on the course of activities such as the evacuation of the building or the course of the attack. This is especially important when the dangerous phenomenon is the result of intentional criminal activity, not the forces of nature.

For research reasons, we have focused our research on the problem of simulating the evacuation process of a building. The simulated cause of evacuation can be both a natural phenomenon (fire, construction disaster), as well as a detrimental operation (bursting of an explosive charge, attack with a firearm, attack with a melee weapon).

II. STATE OF THE ART

A. Approaches To the Problem of Evacuation Simulation

In their work [1] Eric D. Kuligowski and Richard D. Peacock, and later [2] from Bryan L. Hoskins, carried out a detailed breakdown of the evacuation models. As you can see in these combinations, many models propose the use of a global approach to simulated people, which assumes that we study the overall flow of people. In such models, it is not possible to introduce individual behavior of people, as they do not exist as individual objects. It is also unintentional to simulate with these models the situations resulting from the intentional operation of the units present in the building since their impact is usually limited to individual units, and to a lesser extent to the flow of people as a whole. In the case of models treating individual evacuees individually, we can notice that the models that do not take into account the specific behavior of persons prevail or they consider them in a previously determined, deterministic way. However, more and more times there are more and more models attempting to simulate behavior in a more realistic way, through a combination of scenarios and random factors. It should also be noted that despite the manufacturers' declarations, one can not speak in such simulations about the use of artificial intelligence as a factor controlling evacuated units. What is called AI by producers is only a more complex system of assumptions and random factors. It does not contain a basic learning factor for the definition of AI. At the same time, it seems that it is not advisable to introduce self-learning systems for such simulations because in reality, people who are getting involved in the evacuation, for the most part, have no previous experience with this process.

Another issue in discussing existing models is the way in which the route that evacuees are moving. Many models assume that it will be the optimal route, without taking into account the knowledge of the participants of the event. A large group of models assumes that all people are moving in the same direction, which is usually true in the case of events such as fire, but it can be a problem when other situations are simulated. Another problem is whether during the movement the influence of neighboring people is examined. This is important when trying to simulate such situations as panic during the evacuation, where the greatest threats are precisely the result of the interaction of individuals.

The last aspect to which we would like to draw attention is the way of presenting the evacuated area. At present, the models considering evacuation on the plane prevail. The third dimension is either omitted or used only in visualization. This prevents a full analysis of the "field of vision" of the simulated persons, which translates into a higher level of abstraction in making decisions about behavior. It is also difficult in such an environment to carry out simulation of use firearms, because, as demonstrated by experience, in such situations the key factor was often the possibility of hiding from the attacker, and these opportunities resulted mainly from three-dimensional nature of rooms.

B. Analysis of Requirements

Due to the fact that criminal activities are becoming more and more serious, it seems that the current approach to the problem of evacuation must change. Today, when planning an evacuation, in the majority of cases only the fire hazard is taken into account. Potentially, it creates weak spots in the building's security that can be used to attack. To counteract this, during the simulation, not only fire scenarios or similar risks should be considered, but also potential criminal activities. In order to be able to interpret the simulation results effectively, it is advantageous that they should be carried out on the same model. After tracing the available solutions, we decided that we need a model that meets the following requirements:

- Enables simulation of criminal activities on par with natural phenomena
- Can simulate various behaviors of people, including non-rational ones, resulting from emotional states resulting from an event
- It is possible to simulate complicated interactions between people
- It is possible to differentiate the parameters of simulated persons
- It is possible to carry out a large number of simulations at a reasonable time with various parameters and variants, which are also automatically created.
- The predicted route of movement is dynamically created on the basis of information available for a specific person.

Similar models are used in the video game industry to create opponents for players - bots. Hence, we decided to use the solutions used in creating games, as it is about simulating the influence of emotions, interactions and the ability to make decisions under the influence of stress.

III. PROPOSED MODEL

According to the classification contained in [1] and [2], the created model can be defined as a behavioral model with risk assessment capabilities, models that can simulate any type of building, continuous Grid/Structure, individual

perspective, conditional and probabilistic behavior, inter-person distance movement, and 3d space modeling.

The basis for the model is the use of objects - agents with the ability to interact with the environment.

Each agent has a set of statistic defining its capabilities in the reception of information and in its impact on the environment. These statistics can change during the simulation. They can be divided into two categories, "psychic", responsible for the reception of stimuli and "physical" responsible for interacting with the environment. In addition, the agent may have assigned markers that indicate sensitivity or insensitivity to specific factors. At the current stage, a model using six statistics is tested:

- Speed - determines the speed of the movement
- Strength - defines the possibility of an impact on the environment
- Durability - defines resistance to the influence of physical factors, reduces penalties to speed and strength for such factors as the strength of other people or smoke
- Knowledge - knowledge of the area, affects the chance to choose a better route without using the signage
- Perceptiveness - a feature that increases the chances of choosing a route based on marking and reacting to changes in the environment
- Mental resilience - a factor determining how the agent is influenced by psychological factors

Each factor affecting the agent has the following parameters: a range of impact (distance or line of increase), type of interaction (physical/psychological), and effect (modifiers to the characteristics of the agent). All impacts are modified by random distribution. Also included is a marker of non-sensitivity or vulnerability. The insensitivity mark decreases five times, and the vulnerability marker increases the factor's impact on statistics five times.

The path is determined as follows: first, it is tested by means of a random factor modified by the perceptive eye, or the agent sees where there is a way out of a particular room. If so, the road is defined as the route with the smallest cost of interactions towards the evacuation marker. If this is not the case, a random test is performed with the feature of knowing if the agent still chooses a good exit. If not, it moves to the site where the impact is the smallest. It is not necessary to create a separate principle of following the crowd, because in this case the lowest cost usually causes such behavior.

Emotional effects are simulated by modifying characteristics - for example, panic is defined as an increase in strength and endurance along with a decrease in perception and knowledge. The influence of physical factors is simulated in a similar way, for example, smokiness means a decrease in strength, speed and perceptiveness.

As you can see the basic principles of the model are quite simple, which allows for easy implementation and good computational efficiency.

IV. THE PLANNED ASSESSMENT METHOD

At the moment, it is planned to evaluate this model with two methods. First, the simulation results are compared to the passage of real events. Unfortunately, this must be real cases, not exercises, because this model focuses on phenomena that do not occur during tests. The second method is a comparison with other models, mainly with the BENTLEY SYSTEMS Legion model as they have most similar functionality.

ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to thank AGH UST for providing financial means for the research and publication of the paper.

REFERENCES

- [1] Erica D. Kuligowski, Richard D. Peacock "A Review of Building Evacuation Models," Natl. Inst. Stand. Technol. Tech. Note 1471, U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE WASHINGTON: July 2005
- [2] Erica D. Kuligowski, Richard D. Peacock, Bryan L. Hoskins, "A Review of Building Evacuation Models, 2nd Edition" Natl. Inst. Stand. Technol. Tech. Note 1480, U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE WASHINGTON: November 2010

Інтелектуальна Система Керування Безпілотними Збиральними Комбайнами Енергетичних Культур

Юрій Гунченко
*кафедра математичного
забезпечення комп'ютерних
систем*
Одеський національний
університет імені
І.І.Мечнікова
Одеса, Україна
gunchenko@onu.edu.ua

Сергій Шворов
*кафедра автоматичної та
робототехнічних систем*
Національний університет
біоресурсів і
природокористування
Київ, Україна
sosdok@i.ua

Володимир Лукін
*кафедра автоматичної та
робототехнічних систем*
Національний університет
біоресурсів і
природокористування
Київ, Україна
lukin2008@ukr.net

Віталій Межуєв
*факультет комп'ютерних
систем і програмної
інженерії*
Університет Паханг
Гамбанг, Малайзія
vitaliy@ump.edu.my

Intellectual Control System For Unmanned Energy Crop Combine

Yurii Gunchenko
Department of Mathematical
Support of Computer Systems
Odessa I.I.Mechnikov
National University
Odessa, Ukraine
gunchenko@onu.edu.ua

Sergey Shvorov
*Department of Automation
and Robotic Systems*
National University of Life
and Environmental Sciences
of
Ukraine
Kyiv, Ukraine
sosdok@i.ua

Volodymyr Lukin
*Department of Automation
and Robotic Systems*
National University of Life
and Environmental Sciences
of
Ukraine
Kyiv, Ukraine
lukin2008@ukr.net

Vitalii Mezhuyev
*Faculty of Computer Systems
and Software Engineering,
Universiti Malaysia Pahang*
Gambang, Malaysia
vitaliy@ump.edu.my

Анотація—Метою роботи є розробка методичних основ побудови інтелектуальної системи керування (ІСК) безпілотними збиральними комбайнами (БЗК) енергетичних культур (ЕК) для біогазових установок (БГУ). Для досягнення поставленої мети у роботі обґрунтована функціональна структура ІСК, розроблено метод розпізнавання та визначення обсягів біомаси ЕК на полях за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА), запропоновано використання методу синтезу компромісно-оптимальних маршрутів руху БЗК з мінімальною довжиною маршрутів їх руху в процесі збору біомаси та з урахуванням пасивних (нерухомих) та активних (рухомих) перешкод. За допомогою запропонованої ІСК вирішуються наступні задачі: моніторинг процесу вирощування ЕК та визначення обсягів ЕК на основі застосування БПЛА; визначення щільності зміни врожайності ЕК, координат активних і пасивних перешкод на шляху руху БЗК; розподіл БЗК по полях та планування оптимальних маршрутів та швидкісних параметрів їх руху для збору ЕК. Необхідною умовою ефективного керування збиральними комбайнами

є постійний контроль технологічного процесу збирання енергетичних культур. Відхилення від плану роботи у більшості випадків виникає внаслідок несправності технічних засобів або за несприятливих погодних умов проведення робіт. Але існують ситуації, коли на відхилення «план-факт» впливають і інші фактори, в результаті чого можливе як недовиконання плану, так і навпаки. Недовиконання плану може бути наслідком зниження інтенсивності робіт або припущення користувачем помилок при вводі початкових даних у систему, що знижує адекватність моделі реальному процесу. Збільшення планових показників може бути внаслідок підвищення швидкості проведення технологічних операцій, що може привести до додаткових втрат біомаси або зниження її якості. Для вирішення перерахованих задач ІСУ поділяється на підсистеми моніторингу, планування та оперативного керування процесами збирання енергетичних культур.

Abstract—the purpose of the work is to develop methodical bases for the construction of an intelligent control system (ISC)

for unmanned combines (UMs) of energy crops (EC) for biogas plants (BP). In order to achieve this goal, the functional structure of the ISC was substantiated in the work, the method of recognition and determination of the volume of biomass EC in fields with unmanned aerial vehicles (UAVs) was developed, the method of synthesis of compromise-optimal routes of the BP with the minimum length of their routes in the process of biomass collection was proposed. and taking into account passive (unmoving) and active (moving) obstacles. With the help of the proposed ISC, the following tasks are solved: monitoring of the EC cultivation process and the determination of EC volumes based on the use of UAVs; determination of the density of changes in the yield of EC, the coordinates of active and passive obstacles in the way of the UMs movement; distribution of UMs by fields and planning of optimal routes and speed parameters of their movement for EC collection. A prerequisite for efficient harvesting combine driving is the constant control of the technological process of harvesting energy crops. Deviations from the work plan in most cases occur due to malfunction of technical equipment or adverse weather conditions. However, there are situations in which the deviation of the "plan-fact" is influenced by other factors, which may lead to a failure of the plan, and vice versa. Failure to complete the plan may be due to a reduction in the intensity of the work or the assumption by the user of errors when entering the initial data into the system, which reduces the adequacy of the model to the real process. The increase in planned indicators may be due to an increase in the speed of technological operations, which may lead to additional losses of biomass or a decrease in its quality. To solve the tasks listed, the ISC is divided into a subsystem of monitoring, planning and operational management of energy cropping processes.

Ключові слова—інтелектуальна система керування, безпілотний збіральний комбайн, енергетична культура, безпілотний літальний апарат, процес збирання.

Keywords - intelligent control system, unmanned combine, energy culture, unmanned aerial vehicle, harvesting process.

I. ВСТУП

Одним із найважливіших завдань на сьогоднішній день є розробка та реалізація перспективних технологій промислового виробництва біометану для заміщення природного газу. Для отримання максимальних об'ємів біометану необхідно використовувати не тільки відходи сільськогосподарських ферм, агрофірм рослинництва, цукрових заводів та птахофабрик, а також і спеціально вирощені енергетичні культури для біогазових установок. Вирішення цього завдання в великих промислових масштабах передбачає розробку та застосування інтелектуальних систем керування процесами збирання ЕК за допомогою безпілотних комбайнів. Як показує практика, неоптимальне планування польових робіт призводить до накладання маршрутів руху збиральної техніки, затримок в її роботі і, як наслідок, надмірних витрат пального. З метою усунення цих недоліків за допомогою ІСК повинно виконуватися планування збиральних робіт і розрахунок оптимальних траєкторій руху збиральної техніки, які вводяться в навігаційне обладнання кожного збирального засобу. Реалізація

оптимальних траєкторій в процесі збиральних робіт передбачає зменшення витрат пального за рахунок мінімізації часових затримок збиральної техніки та кількості накладання маршрутів їх руху з урахуванням особливостей та геометричної форми поля.

Однак, на даний час недостатньо повно досліджені методи визначення обсягів та щільності зміни врожайності енергетичних культур з БПЛА, планування збиральних робіт, синтезу компромісно-оптимальних маршрутів руху перспективної безпілотної роботизованої збиральної техніки та побудови інтелектуальних систем керування щодо збирання енергетичних культур для біогазових установок (комплексів і заводів).

II. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Аналіз [1-8] показує, що на даний час широко застосовуються глобальні і локальні методи навігації мобільних роботів (МР). Глобальні методи засновані на тому, що перед початком руху МР повністю відома карта місцевості. Знаючи своє місцезнаходження, точку фінішу, а також розташування всіх перешкод, МР, користуючись заданим алгоритмом дій, забезпечує знаходження найкоротшого шляху від старту до фінішу і після цього долає цей шлях. На практиці найбільш часто використовуються методи фронту хвилі, А*, дерева квадратів, видимого графа [1-4]. До недоліків таких методів відноситься необхідність збереження карти місцевості (найчастіше великих розмірів) і підвищена обчислювальна складність. Локальні методи навігації використовуються в тих випадках, коли МР невідомі стаціонарні (пасивні) та рухомі (активні) перешкоди, які можуть з'явитися і зникати та змінювати своє місце розташування. У цьому випадку МР отримує навігаційну інформацію про локальну область зовнішнього середовища, перебуваючи у межах дії його датчиків. До таких методів навігації МР можна віднести: методи, засновані на використанні потенціальних полів перешкод [2], методи сімейства BUG [5, 6], що використовують для отримання навігаційної інформації тактильні датчики, а також методи сімейства VisBUG [6-8], які припускають отримання навігаційної інформації від ультразвукових датчиків. До переваг методів локальної навігації слід віднести їх обчислювальну простоту. Недоліки цих методів, порівняно з методами глобальної навігації, полягають у відхиленні реальної траєкторії руху МР від оптимального маршруту і більш складній процедурі локалізації МР у просторі. Для обох груп методів навігації МР характерна проблема своєчасного визначення пасивних та, особливо, активних перешкод на шляху руху МР. Крім того, існуючі методи та алгоритми розв'язання задач планування траєкторій руху наземного МР застосовуються в два етапи: спочатку знаходиться глобальна траєкторія по картографічних даних, яка потім у процесі руху періодично уточнюється за даними бортової системи технічного зору (СТЗ) МР. Такому підходу властиві суперечності і недоліки, обумовлені суттєвою відмінністю масштабів подання інформації на цих двох етапах. Використання СТЗ на базі БПЛА, що

поставляє проміжну між етапами планування інформацію про ділянки місцевості, дозволяє з одного боку оперативно уточнювати картографічні дані, а з іншого – на порядок розширити зону огляду бортової СТЗ МР, що підвищує ефективність вирішення всіх цільових завдань БЗК. Незважаючи на значний обсяг досліджень в даній області, проблема навігації РЗГ з використанням БПЛА для визначення (уточнення) маршрутів та різних видів перешкод на шляху руху безпілотної збиральної техніки залишається відкритою.

Традиційної сировини для біогазових реакторів, зокрема відходів тваринництва і птахівництва через зменшення поголів'я, може виявитись недостатньо для отримання необхідної кількості енергоресурсів. Як додаткові джерела для отримання біогазу в країнах ЄС використовують рослинну сировину, а саме енергетичні культури та відходи рослинництва, що показано в роботах А. Meyer та ін. (2017) [9] і Р. Schröder та ін. (2018) [10]. Посіви енергетичних культур планують з урахуванням, передусім, площ малоприсаєдбаних для рослинництва земель, наприклад торф'яників (К. Laasasenaho та ін., 2017) [11], а також логістики щодо наявних біогазових реакторів. Технології, що розроблялись для отримання біогазу з відходів, які накопичуються на переробних ділянках, адаптуються під конкретну сировину (R. Ciccolì та ін., 2018) [12], що обмежує її застосування для сезонної сировини. У роботі К. Sahoo та ін. (2018) [13] показано, що рослинні залишки на полях мають певний економічний потенціал для виробництва біогазу, проте залишається проблема моніторингу обсягів цієї сировини та оптимізації логістики щодо її перевезення до реактоів. Питання оптимізації транспортування біомаси в межах регіону розглядалось J. Höhn та ін. (2014) [14] для Фінляндії, у роботі V. Burg та ін. (2018) [15] – для Швейцарії, проте оцінювали, передусім, місця перспективного будівництва стаціонарних біогазових реакторів. У роботах показано, що з року в рік розташування джерел біомаси змінюється, що ускладнює вирішення питання оперативного моніторингу стану та обсягів біомаси впродовж року для оптимізації логістики.

III. МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета досліджень полягає в розробці методичних основ побудови інтелектуальної системи керування безпілотною збиральними комбайнами енергетичних культур для біогазових установок.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні задачі:

- розробка методу і алгоритму визначення обсягів та щільності зміни врожайності енергетичних культур біомаси на полях за допомогою безпілотної літальної апаратури;
- обґрунтування методу синтезу компромісно-оптимальних маршрутів та швидкості руху роботизованої збиральної техніки з мінімальною довжиною шляхів руху БЗК у процесі збору

біомаси та з урахуванням щільності зміни врожайності ЕК, а також пасивних (нерухомих) перешкод;

- розробка методу та алгоритму розпізнавання ЕК та активних (рухомих) перешкод на шляху пересування БЗК;
- обґрунтування функціональної структури гібридної інтелектуальної системи керування БЗК шляхом створення бази знань і системної інтеграції методів, алгоритмів та продукційних правил інтелектуальної підтримки прийняття рішень.

За допомогою запропонованої ІСК повинні вирішуватися наступні задачі: моніторинг процесу вирощування ЕК, визначення обсягів та щільності зміни врожайності енергетичних культур ЕК на основі застосування БПЛА; розпізнавання ЕК, активних і пасивних перешкод на шляху руху БЗК, розподіл БЗК по полях та планування оптимальних маршрутів їх руху для збору ЕК; оперативне управління процесами завантаження та доставки до БГУ сировини.

Для вирішення перерахованих задач ІСК повинна включати підсистеми моніторингу, планування та оперативного управління процесами збору енергетичної сировини. Крім того, однією з найбільш важливих задач, яка вирішується за допомогою ІСК, є розміщення посівів різних енергетичних культур, моніторинг їх стану та їх диференційне підживлення на спеціально визначеній місцевості з урахуванням геофізичних особливостей для кожної культури.

Досвід використання біогазових установок та заводів у європейських країнах, особливо в Німеччині, свідчить про те, що суттєве нарощування обсягів виробництва біогазу потребує застосування гібридів енергетичної кукурудзи. Частка силосу кукурудзи в суміші з іншими ко-субстратами може складати від 2 до 99%. Аналіз існуючих біогазових технологій показує, що в Німеччині вже у 2012 р. під вирощування енергетичних культур (переважно кукурудзи) для виробництва біогазу використовувалось близько 1 млн га земель. При цьому виникає необхідність в подальшому дослідженні способів та технологій збирання ЕК.

IV. ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО

На даний час все більше уваги приділяється «точному землеробству», що забезпечує максимальну продуктивність сільськогосподарських робіт. Найбільш перспективним є використання безпілотної літальної апаратури для планування та керування рухом безпілотної збиральної техніки в залежності від наявності врожаю та перешкод на кожній ділянці поля.

Процес планування змісту та часу виконання робіт поділяється на декілька етапів, а саме: сівба ранніх озимих культур та їх збирання, сівба наступних ЕК та їх збирання. Кожний з перерахованих етапів планування

має свої особливості, і для їх реалізації доцільно передбачити в ІСК відповідну базу даних та знань.

Підсистема моніторингу ЕК являє собою геоінформаційну систему, яка отримує дані про кількість і якість сировини з датчиків інформації, що розташовані на БПЛА, а також з інших інформаційних джерел. На основі цих даних формується множина припустимих рішень щодо поліпшення стану енергетичних культур, а також організації збору та подальшого використання органічної сировини в БГУ.

Як показують результати експериментальних досліджень, звичайні цифрові фотокамери БПЛА можна ефективно використовувати при визначенні обсягів урожаю та ідентифікації різних перешкод на шляху руху БЗК на кожній ділянці поля. Після проведення фотозйомки на електронній карті поля на основі статистичної обробки RGB-сигналів визначається декілька контрастних за оптичними характеристиками зон (ділянок). Для кожної із цих зон експериментально розраховуються контрольні обсяги врожаю, які використовуються для навчання нейронної мережі. За допомогою спеціального програмного забезпечення обробки спектральних характеристик цифрових знімків кожної ділянки місцевості з використанням апарату нейронних мереж визначаються обсяги та щільність зміни врожаю на шляху руху безпілотних комбайнів, що забезпечує оперативне прийняття рішень для їх розподілу, планування маршрутів та керування швидкістю рухом БЗК.

Основою підсистеми є спеціальні методи та алгоритми розпізнавання образів, за допомогою яких забезпечується вирішення наступних задач: сприйняття образу (технічний вимір), попередня обробка отриманого сигналу (фільтрація), виділення потрібних характеристик і класифікація образу (прийняття рішення). Для цього синтезована нейромережева структура і перевірений на адекватність відповідний багатопараметричний перцептрон. Обробка графічних даних за результатами фотозйомки з БПЛА здійснюється з використанням інформаційної технології, що базується на застосуванні спеціального програмного забезпечення виробництва НУБіП LDE – Land damage expert. Програма має можливість на основі статистичної обробки RGB сигналів визначити координати перешкод для БЗК на електронній карті місцевості та обсяги ЕК.

V. ПЛАНУВАННЯ ПОЛЬОВИХ РОБІТ

Як показує практика, неоптимальне планування польових робіт призводить до накладання маршрутів руху збиральної техніки, затримок в її роботі і, як наслідок, надмірних витрат пального. З метою усунення цих недоліків за допомогою ІСК повинно забезпечуватися планування збиральних робіт і розрахунок оптимальних траєкторій руху збиральної техніки, які вводяться в навігаційне обладнання кожного збирального засобу. На основі отриманої інформації про біомасу з БПЛА забезпечується планування маршрутів

руху та розподіл БЗК по технологічним ділянкам з використанням методів динамічного та лінійного програмування. Крім того, за допомогою ІСК обґрунтовується рішення про доцільність залучення до збирання ЕК необхідної кількості роботизованих збиральних комбайнів і безпілотних транспортних засобів.

При розробці методу та алгоритму планування збиральної техніки передбачається, що процес планування збиральних робіт являє собою керування багатоетапний динамічний процес, який на кожному етапі характеризується двома видами параметрів: параметрами керування (кількістю спланованих безпілотних комбайнів) і параметрами стану (об'ємом зібраної біомаси на кожному етапі). У вигляді обмежень виступає сумарний ресурс часу збиральних робіт та витрат пального, що виділяється на збиральну кампанію. Кінцевою метою планування збиральних робіт на кожному полі є максимальний обсяг зібраних ЕК.

У підсистемі планування, залежно від наявності роботизованих технічних засобів і прогнозованих умов збиральної кампанії, генерується множина варіантів виконання робіт БЗК. Серед існуючої множини варіантів визначається такий, що забезпечує отримання максимального прибутку від реалізації біометану. За допомогою ГІС забезпечується формування електронної карти місцевості та визначення обсягів урожаю на кожній ділянці, а також визначення компромісно-оптимальних маршрутів руху збиральної техніки на полях з перешкодами та складними геометричними формами. Застосування запропонованої технології передбачає більш високу оперативність та точність керування БЗК, а також зменшення вартісних витрат на збиральну кампанію.

Таким чином, розроблено метод планування збиральних робіт БЗК, за допомогою якого на основі використання процедури динамічного програмування здійснюється оптимальний розподіл безпілотних комбайнів між полями при обмеженнях на часові витрати, що забезпечує обґрунтоване прийняття рішень на застосування БЗК.

Постановка задачі синтезу компромісно-оптимальних маршрутів руху безпілотних комбайнів полягає у наступному. Відомою інформацією є координати площі, на якій знаходиться біомаса, початкове місце знаходження кожного БЗК, та кінцева точка її маршруту, координати пасивних перешкод та координати ділянок без біомаси, які отримані за допомогою підсистеми моніторингу стану та визначення обсягів енергетичних культур з БПЛА. Необхідно знайти такі компромісно-оптимальні маршрути руху БЗК, при яких забезпечується: мінімальний шлях руху БЗК, об'їзд перешкод, об'їзд ділянок без біомаси.

VI. МЕТОД СИНТЕЗУ МАРШРУТІВ РУХУ

Метод синтезу компромісно-оптимальних маршрутів руху безпілотних комбайнів включає виконання

наступних операцій: відправна задача приводиться до дискретного виду; для кількісної оцінки небезпеки наближення безпілотних комбайнів до перешкод застосовується метод потенційних функцій [2]; довжина шляху визначається довжиною можливих переходів з початкової до кінцевої точки поля з урахуванням об'їзду безпілотними комбайнами перешкод і районів відсутності енергетичних культур; задача синтезу оптимальної траєкторії руху безпілотних комбайнів у заданих умовах розв'язується методом динамічного програмування з узагальненим критерієм оптимальності по нелінійній схемі компромісів [16]. При цьому для визначення оптимального шляху в кожному допустимому точці по координатах кожного рівня на кожному кроці розв'язується функціональне рівняння Беллмана. Структура узагальненого критерію будується у відповідності з методологією нелінійної схеми компромісів з урахуванням оцінки небезпеки наближення безпілотних комбайнів до перешкод, довжини маршруту руху безпілотних комбайнів, оцінки імовірності заходу безпілотних комбайнів в район відсутності енергетичних культур.

Реалізація оптимальних траєкторій у процесі збиральних робіт передбачає зменшення витрат пального за рахунок мінімізації часових затримок збиральної техніки та кількості накладання маршрутів їх руху з урахуванням особливостей та геометричної форми поля.

Аналіз попередніх досліджень показав, що на даний час залишаються невирішеними питання щодо побудови систем підтримки прийняття рішень з керування збиральною технікою у режимі реального часу з урахуванням умов динамічного та частково визначеного зовнішнього середовища. З метою усунення відхилень між запланованими та фактичними показниками роботи технологічних підрозділів виникає необхідність розв'язування задачі оперативного керування та перепланування робіт. Процедура розв'язування цієї задачі складається з цих самих пунктів, що й процедура розв'язування задачі планування, відрізняється тільки початковими даними.

Підсистема оперативного керування процесами збирання ЕК побудована на базі гібридної інтелектуальної системи підтримки та прийняття рішень (СППР), до основних складових якої входять: база знань, блок імітації роботи БЗК, підсистема моніторингу, планування, контролю та управління, модуль навчання й інтерфейс. При розробці бази знань та ІСК здійснено системну інтеграцію моделей і алгоритмів та продукційних правил, які ґрунтуються на класичних методах моделювання та оптимізації систем і методах штучного інтелекту, що забезпечує ефективне розв'язування задач планування, контролю й оперативного управління процесами збору та переробки різних видів органічної сировини.

Необхідною умовою ефективного керування збиральною кампанією є постійний контроль технологічного процесу збирання ЕК. Відхилення від плану роботи у більшості випадків виникає внаслідок

несправності технічних засобів або за несприятливих погодних умов проведення робіт. Але існують ситуації, коли на відхилення «план-факт» впливають і інші фактори, в результаті чого можливе як недовиконання плану, так і навпаки. Недовиконання плану може бути наслідком зниження інтенсивності робіт або припущення користувачем помилок при вводі початкових даних у систему, що знижує адекватність моделі реальному процесу. Збільшення планових показників може бути внаслідок підвищення швидкості проведення технологічних операцій, що може призвести до додаткових втрат біомаси або зниження її якості. Також на етапі впровадження інтелектуальної системи в процес збиральних робіт виникає необхідність донавчання системи з метою отримання більш адекватних рішень.

Практичне застосування ІСК в ТДВ «Терезине» дозволило знизити довжину маршрутів руху збиральної техніки та загальні витрати на проведення збиральної кампанії на 12-15% за рахунок оперативного визначення обсягів енергетичних культур, планування збиральних робіт та реалізації компромісно-оптимальних маршрутів руху збиральної техніки. Виходячи з цього прибуток підприємства при застосуванні ІСК збільшився більш ніж на 12%. Крім того, як показують результати практичного застосування ІСК, значно скорочуються часові витрати на прийняття обґрунтованих рішень за рахунок обробки системою великих об'ємів інформації.

VII. ВИСНОВКИ

Таким чином, на основі проведеного аналізу процесів збирання ЕК розроблено методичні основи побудови інтелектуальної системи керування безпілотними збиральними комбайнами енергетичних культур для біогазових установок, обґрунтовано функціональну структуру ІСК процесом збирання ЕК для умов промислового виробництва біометану.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Защелкин, К.В. Реализация комбинированного способа навигации автономного мобильного робота / К.В. Защелкин, В.В. Калинин, Н.О. Ульянова // Электротехнические и компьютерные системы – 2013. – № 9 (85). – 102-109.
- [2] Адамів, О. П. Моделі та інтелектуальні засоби адаптивного керування автономним мобільним роботом [Текст] дис. ... канд. техн. наук: захищена 12.12.2007 / Адамів Олег Петрович. – Одеса, 2007. – 124 с.
- [3] Fahimi, F. Autonomous Robots. Modeling, Path Planning and Control / F. Fahimi – New York : Springer, 2009. – 348 p.
- [4] Hachour, O. Pathplanning of Autonomous Mobile robot / O. Hachour // International Journal of Systems Applications, Engineering and Development. – 2009. – Issue 4. – P. 178 – 190.
- [5] Lumelsky, V. Sensing, intelligence motion / V. Lumelsky – New Jersey : Wiley-Interscience, 2006. – 456 p.
- [6] Song, H. Research on Path Planning for the Mobile Intelligent Robot / H. Song, L. Hu // World Congress on Computer Science and Information Engineering. – 2009. – № 1. – P. 121 – 144.
- [7] Siegwart, R. Introduction to Autonomous Mobile Robots / R. Siegwart, I. Ourbakhsh – Boston : MIT Press, 2004. – 336 p.

- [8] Jian, Y. Comparison of Optimal Solutions to Realtime Path Planning for a Mobile Vehicle / Y. Jian, Q. Zhihua, W. Jing, C. Kevin// IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part A: System and Humans. – 2010.– Vol. 40. – P. 721 – 725.
- [9] A.K.P. Meyer, E.A. Ehimen, J.B. Holm-Nielsen. Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production. *Biomass and Bioenergy*. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.05.013>;
- [10] P. Schröder, B. Beckers, S. Daniels, F. Gnädinger, E.Maestri, N.Marmiroli, M.Mench, R. Millan, M.M. Obermeier, N. Oustriere, T. Persson, C. Poschenrieder, F. Rineau, B. Rutkowska, T. Schmid, W. Szulc, N.Witters, A. Sæbø. Intensify production, transform biomass to energy and novel goods and protect soils in Europe—A vision how to mobilize marginal lands *Science of the Total Environment*. Vol 616–617, 2018, pp.1101–1123;
- [11] K. Laasasenaho, A.Lensub, J.Rintalac Planning land use for biogas energy crop production: The potential of cutaway peat production lands. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 85, 2016, pp. 355-362;
- [12] R.Ciccolia, M.Sperandei, F.Petrazzuolo, M.Brogli, L.Chiarini, A.Correnti, A.Farneti, V.Pignatelli, S.Tabacchioni Anaerobic digestion of the above ground biomass of Jerusalem Artichoke in a pilot plant: Impact of the preservation method on the biogas yield and microbial community. *Biomass and Bioenergy*. Vol.108, 2018, pp 190-197;
- [13] K.Sahoo, S.Mani, L.Das, P.Bettinger GIS-based assessment of sustainable crop residues for optimal siting of biogas plants *Biomass and Bioenergy*. Vol. 110, 2018, pp. 63-74;
- [14] J.Höhn, E.Lehtonen, S.Rasi, J.Rintala A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland. *Applied Energy* Vol.113, 2014, pp. 1-10;
- [15] V.Burg, G.Bowman, M.Erni, R.Lemm, O.Thees. Analyzing the potential of domestic biomass resources for the energy transition in Switzerland. *Biomass and Bioenergy* Vol.111, 2018, pp. 60-69;
- [16] Gunchenko, Y.A. Using UAV for unmanned agricultural harvesting equipment route planning and harvest volume measuring // Gunchenko, Y.A., Shvorov, S.A., Zagrebnyuk, V.I., Kumysh, V.U., Lenkov, E.S. // 2018// 2017 IEEE 4th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments, APUAVD 2017 – Proceedings <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57193057973>.

Аналіз Стану Захищеності Блокчейн-Проектів На Ринку Українських Сервісів

Алла Гаврилова

*кафедра кібербезпеки та інформаційних технологій
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця
Харків, Україна
sharaya1972@gmail.com*

Сергій Євсєєв

*кафедра кібербезпеки та інформаційних технологій
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця
Харків, Україна
serhii.yevseiev@hneu.net*

Analysis of the Security of Blocks of Projects In the Market of Ukrainian Services

Alla Havrylova

*dept. of cybersecurity and information technology
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics
Kharkiv, Ukraine
sharaya1972@gmail.com*

Serhii Yevseiev

*dept. of cybersecurity and information technology
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics
Kharkiv, Ukraine
serhii.yevseiev@hneu.net*

Анотація—Проаналізовано вплив технології блокчейн на сучасні людські процеси; виявлено перелік питань для вирішення яких блокчейн-технологія є одним з ефективних варіантів; визначено ряд можливостей, які надає технологія блокчейн для життєво важливих сфер; проаналізовано впроваджені в Україні проекти, які реалізовано на основі технології блокчейн; виявлено загрози для технології блокчейн та мету їх здійснення.

Abstract—The influence of the blockchain technology on modern human processes has been analyzed; A list of issues was discovered for solving which blockchain technology is one of the effective options; identified a number of opportunities that the blockchain technology provides for vital areas; analyzed implemented in Ukraine projects that are implemented on the basis of blockchain technology; detected threats to the blockchain technology and the objectives of their implementation.

Ключові слова—блокчейн; кібербезпека; Інтернет речей; електронні аукціони, платформа електронної демократії, електронний уряд, атака Сівілі, Eclipse-атака, DDoS-атака, атака маршрутизації, атаки на створення блоків, зміна системного часу, подвійне витрачання коштів, атаки на платформи

Keywords— blockchain; cyber security; Internet of Things; electronic auctions, e-democracy platform, e-government, Sibyl attack, Eclipse attack, DDoS attack, routing attack, block building attack, system time change, double spending, platform attack

Блокчейн (Blockchain) – це децентралізована база даних з відкритим кодом, яка не потребує посередників

для верифікації [1]. Інформація, що зберігається у такий спосіб, є відкритою для всіх учасників. Її неможливо знищити або непомітно змінити. Ця технологія користується попитом, оскільки надає безпрецедентний ступінь довіри до інформації у відносинах між людиною та державними або приватними установами. Блокчейн як спосіб зберігання даних є затребуваним у найпрогресивніших країнах світу.

Відомий ряд питань, у вирішенні яких застосовують блокчейн-технологію: застосування технології під час виборів до Конгресу (США) [2]; забезпечення прозорості розподілу державних грантів (Канада) [2]; державні закупівлі (Японія) [2]; енергопостачання (Австрія) [2].

Світовий досвід застосування блокчейн дуже корисний для України – за допомогою блокчейн відкриваються нові можливості для усунення корупційної складової при наданні послуг і не тільки. Так, на сьогодні у світі застосування технології блокчейн в сфері людської взаємодії приводить до вирішення великих та маленьких проблем, що постають перед людством [1]:

- охорона здоров'я – обмін клінічними даними; робота з рахунками; управління ланцюгами поставок ліків; розробки та клінічні дослідження лікарських засобів; безпека і збереження даних про пацієнтів;
- будівництво – контроль фінансування за проведенням будівельних робіт; уникнути спілкування з професійними посередниками, які контролюють процеси девелопменту;

Відповідальність за будівництво і здачу будинку за нормативами перекладається на тих, хто здійснював будівництво; на покупця не лягають витрати у вигляді затримок будівництва та інші приховані витрати;

- банки – виконання функцій банку щодо безпечного зберігання та передачі мають цінність активів; захист конфіденційних даних (номер соціального страхування, дати народження, адреси і номери водійських прав); зниження надмірності даних; спрощення процесів; зменшення навантаження на аудит; підвищення безпеки та забезпечення цілісності даних;
- мистецтво – легальне поширення музичних творів через Інтернет шляхом організації прямих відрахувань правласникам і використання розумних контрактів; захист авторських прав виконавців музики;
- авіап перевезення – зберігання інформації про рейс; використання розумних контрактів для оцінки потенційно суперечливих даних; оптимізація перевірки авіакомпаніями особистостей пасажирів і прискорення управління даними, які обробляються в аеропортах в режимі реального часу;
- кібербезпека – зниження ймовірності хакерського злому; підвищення безпеки за рахунок відмови майже від усіх людських посередників;
- освіта – перехід на прозору документацію (дипломи, академічні довідки тощо); позбавлення від ручних перевірок паперових документів;
- «Інтернет речей» – створення децентралізованої мережі з величезної кількості різних пристроїв «інтернету речей», які зможуть взаємодіяти один з одним для автономної установки оновлень, усунення помилок і управління живленням;
- прогнозування – послуги ставок (спорт, акції, результати виборів, ймовірність стихійних лих);
- енергетика – продаж надлишків «домашньої» електроенергії приватним і державним юридичним особам; управління розподілом енергії і записи даних про фактичне споживання;
- торгівля акціями – випуск акцій і формування кредитів під їх заставу; торгівля акціями приватних компаній;
- відстеження ланцюжків постачань продуктів – задоволення потреб споживачів; простежуваність і достовірність інформації про походження та стан продуктів харчування;
- туризм – видалення посередників при бронюванні житла; зниження ризику шахрайства спрямованого на туристів шляхом введення готелями своїх власних токенів; зниження витрат при страхуванні

від непередбачених випадків; зниження черг при проходженні ідентифікації; підвищення чесної конкуренції між представниками бізнесу; контроль здійснюваних платежів.

За допомогою блокчейну відкриваються нові можливості для усунення корупційної складової при наданні послуг. Вже запущені проекти щодо вирішення державних, бізнесових та соціальних проблем в Україні. Ці проекти реалізовані як розробниками державних компаній (рис. 1), так і отриманих на волонтерських засадах від комерційних компаній [1].



Рис. 1. Впроваджені в Україні проекти, які реалізовані на основі технології блокчейн.

Електронні аукціони являють собою онлайн аукціони в державних галузях, які дозволяють здавати в оренду державне майно.

Відкрита платформа електронної демократії E-vox розроблена для використання блокчейн в організації голосувань, референдумів, підписання петицій. Голосувати можна безпосередньо зі своїх смартфонів і планшетів, залишаючи запис в блокчейн.

Електронний уряд E-Ukraine – представляє собою портал, який є точкою взаємодії громадян, бізнесу та держави, який об'єднує на одній платформі аукціони, голосування, ведення держреєстрів і інші розподілені сервіси.

Банки на блокчейн – за допомогою розподіленої банківської системи Smart Money банки будують інфраструктуру для операцій з електронними грошима.

Електронний квиток – зручний і зрозумілий сервіс для більшості пасажирів, що надає їм можливість дистанційно отримувати послугу резервування квитків на різні види транспорту, а також централізовано контролювати переміщення міським транспортом. Перевага цієї технології в тому, що вона не вимагає величезних витрат на інфраструктуру та модернізацію транспорту.

Електронна гривня – е-гривня (дослідницький проект), є електронними грошима, не прив'язаними до жодної фінансової установи. Дані електронні гроші не є криптовалютою, а представляють собою еквівалент

реальних грошей, випуск яких контролює держава і є системою моментальних веб-розрахунків [2].

Електронна черга у дитсадок – це дистанційна постанова дітей до дитячих садків, яка є механізмом забезпечення формування електронної черги без особистого контакту з чиновником та повністю гарантує батькам забезпечення до необхідного строку дитини місцем у дошкільному закладі.

Блокчейн в Національному банку України (НБУ) введений як дорожня карта розвитку безготівкової економіки і являє собою випуск електронних грошей на базі блокчейн в рамках розвитку національної платіжної системи “ПРОСТІР”.

Електронний земельний кадастр надає онлайн-доступ до публічної кадастрової карти, тобто робить загальнодоступними відомості про земельні наділи.

Для даної технології можна виділити такі переваги, як прозорість і безпечність, захист від фальсифікації даних, скорочення витрат на штат і паперовий документообіг. Але є й недоліки – вона не забезпечує внесення завідомо невірних даних і злив даних. Тобто на даному етапі технологія не вирішує головних проблем держави.

Також дана технологія як і будь-яка інша Інтернет-технологія схильна до вразливостей з боку несанкціонованого проникнення та зломів [3] (табл. 1).

Таблиця 1. ЗАГРОЗИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ТА МЕТА ЇХ ЗДІЙСНЕННЯ

Загроза	Мета здійснення
DDoS	на сервіси інфраструктури блокчейн-рішень для порушення обміну інформацією (криптовалютні біржі, гарячі і холодні гаманці для зберігання криптовалюти).
Атака Сивілі	придбання розширених можливостей з управління мережею.
Eclipse-атака	спрямована на окремих користувачів.
Атака маршрутизації	компрометація учасника мережі або групи шляхом впливу на протоколи з'єднання з Інтернетом і передані пакети.
Атаки на створення блоків	отримання контролю та подальшої фінансової вигоди в результаті шахрайських дій.
Зміна системного часу	перенаправлення до скомпрометованої гілки розподіленої мережі, що належить зловмисникам.
Подвійне витрачання коштів	подвійна витрата для цілей зловмисника.
Selfish Mining	з меншими ресурсами домогтися успіху
Атаки на платформи	зломи гаманців, викрадення коштів
Атака «51%»	друк нових блоків і спростувати того, що відбувається в нормальному блокчейні

Деякі атаки є пов'язаними між собою. Так, запуск атаки Сивілі може не тільки надати зловмиснику можливість відмовитися передавати і приймати блоки, «відключивши» користувачів від мережі та бачити всі транзакції, використовуючи спеціальні програми, але ще й надасть можливість вплинути на консенсус і вибудувати власний ланцюг з «некоректними» транзакціями, яка буде вважатися «істиною» й

забезпечити умови активізації подвійного витрачання коштів.

Для централізованих рішень даний вид вразливості виключається двома способами: за допомогою набору евристичних правил – система може вимагати, щоб з однієї IP-адреси створювалося лише обмежена кількість акаунтів у відведений проміжок часу та звернутися до довіреного сертифікаційного центру, який буде верифікувати користувачів мережі.

У біткойн-блокчейне передбачено не допускати вразливості шляхом пред'явлення вимог до генерації блоків, так як зловмисник може створювати лише обмежену кількість блоків. Створення більшої кількості блоків змусить мати потужні обчислювальні ресурси, що призведе до невиконання проведення даної атаки.

Основні обмеження використання технології виникають в області захисту і забезпечення конфіденційності інформації. Також сюди варто додати великі обсяги енергії, що витрачається і низька швидкість здійснення транзакцій. Незмінність даних в системі створює проблему в редагуванні інформації, оскільки її неможливо видалити [4].

ВИСНОВОК

За результатами проведених досліджень було з'ясовано, що розробка та впровадження сервісів на основі блокчейн-технології має свої переваги та активно використовується українським бізнесом для зниження витрат й оптимізації основних бізнес-процесів.

Незважаючи на бурхливий розвиток сервісів на основі даної технології, необхідно зважено підходити до доцільності її застосування для прийняття управлінських рішень [4], оскільки дана технологія має як свої переваги, так і недоліки, повністю ліквідувати які на сьогодні не представляється можливим.

Також в подальшому необхідно оцінити наявні методи захисту інформації в сфері блокчейн.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] “Україна серед країн-лідерів з впровадження технології блокчейн” (2018) [Online]. Доступно: <https://matrix-info.com/2018/01/30/ukrayina-sered-krayin-lideriv-z-vprovadzhennya-tehnologiyi-blokchejn>.
- [2] “Блокчейн в Україні: Що це за технологія і чим вона корисна” [Online]. Доступно: <https://ua.112.ua/statji/blokchein-v-ukraini-shcho-tse-za-tekhnohohiia-i-chym-vona-korisna-417161.html>.
- [3] Alla Gavrilova, Alexander Shmatko, “Blockchain as the basis of the digital economy. World experience of cryptocurrency financial regulation”, in *4th International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry 2019*, 11-14 APRIL 2019, Antalya, Türkiye, pp. 785-790, 2019.
- [4] Maryna Yesina, Olga Akolizina, Ivan Gorbenko, “Conditions and opportunities of Blockchain applying” в *Захист інформації і безпека інформаційних систем*: Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції: 30-31 травня 2019 р., Львів: Видавництво Львівської політехніки, С.86-87, 2019.

Методи Розвитку Моніторингових Інтелектуальних Систем

Сергій Голуб

кафедра програмного забезпечення автоматизованих систем

Черкаський державний технологічний університет

Черкаси, Україна
s.holub@chdtu.edu.ua

Ірина Жирякова

кафедра інтелектуальних систем прийняття рішень
Черкаський національний університет

імені Богдана Хмельницького

Черкаси, Україна
irena_zh@ukr.net

Світлана Куницька

кафедра інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії

Черкаський державний технологічний університет

Черкаси, Україна
kunitskaya33@gmail.com

Артем Авраменко

кафедра інтелектуальних систем прийняття рішень
Черкаський національний університет

імені Богдана Хмельницького

Черкаси, Україна
redstar929@gmail.com

Methods of Development Intelligent Monitoring Systems

Serhii Holub

dept. of software for automated systems
Cherkasy State Technological University

Cherkasy, Ukraine
s.holub@chdtu.edu.ua

Iryna Zhyriakova

dept. of Intelligent Decision Making Systems
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy

Cherkasy, Ukraine
irena_zh@ukr.net

Svitlana Kunytska

dept. of information security and computer engineering
Cherkasy State Technological University

Cherkasy, Ukraine
kunitskaya33@gmail.com

Artyom Avramenko

dept. of Intelligent Decision Making Systems
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy

Cherkasy, Ukraine
redstar929@gmail.com

Анотація—Застосування баз модельних знань дозволяє реалізувати інформаційну технологію багаторівневого моніторингу у формі моніторингової інтелектуальної системи. Вона будується за персональним замовленням з метою забезпечення знаннями процесів прийняття рішень про наслідки застосування керуючих впливів. Використання агентних підходів при розгортанні моніторингової системи дозволяє підвищити ефективність процесів формування знань. Обмін результатами неперервних спостережень між агентами забезпечує їх оперативне самонавчання шляхом формування структури власної глобальної функціональної залежності. Агентні глобальні функціональні залежності утворюють

розподілену структуру бази модельних знань. Для подолання проблеми гіперрозмірності, що викликає зростання часу формування структури бази модельних знань агента, розроблено метод класифікації масивів вхідних даних.

Abstract— Application of model knowledge bases allows to realize the information technology of multi-level monitoring in the form of monitoring intellectual system. The system is built on personal orders in order to provide knowledge of decision-making processes about the effects of managing impacts. The use of agent approaches when deploying a monitoring system can improve the efficiency of knowledge creation processes. The

exchange of the results of continuous observations between agents ensures their operative self-education by forming the structure of their own global functional dependence. Agent global functional dependences form a distributed structure of the base model knowledge. To overcome the hyperdimensionality problem, which causes an increase in the time of formation of the structure of the database of model knowledge of the agent, a method for classification of input data arrays has been developed.

Ключові слова— інтелектуальний моніторинг, база знань, агент, модель

Keywords— intelligent monitoring; knowledge base; agent; model

I. ВСТУП

Інтелектуальний моніторинг – це інформаційна технологія забезпечення знаннями процесів прийняття рішень шляхом організації неперервних спостережень, обробки та перетворення їх результатів. Моніторингова інтелектуальна система (МІС) будується індивідуально для кожного процесу прийняття рішень.

Найчастіше результати моніторингу використовуються для прорахунку ситуації – визначення наслідків застосування ОПР кожної із наявних стратегій. Основна мета їх використання – зниження невизначеності ситуації, в якій особа, що приймає рішення (ОПР) робить вибір стратегій. Таким чином, необхідно розв'язати задачу прогнозування – визначити майбутні наслідки застосування послідовності керуючих впливів. Виявляється зміна властивостей об'єктів моніторингу, до якого стану перейде кожен із цих об'єктів і як це змінить характер їх взаємодії. Для формування керуючих впливів ОПР необхідно оцінити впливовість факторів. Відповіді на ці питання дозволяють сформулювати глобальну мету МІС, визначити кількість рівнів перетворення інформації, визначити локальні задачі на кожному рівні та методи їх розв'язання.

Досягнення глобальної мети МІС забезпечується шляхом побудови бази знань, яка може містити одну або більше глобальних функціональних залежностей (ГФЗ). Оскільки застосовується особлива форма збереження знань – в структурі ГФЗ, та нетипова методологія її побудови, вона отримала назву «База модельних знань» [1]. Методологія побудови баз модельних знань ґрунтується на нових підходах до формування моделі подання знань, до побудови структури баз модельних знань та інтелектуальної системи в цілому. Це дозволяє розширити функціональні можливості інтелектуальних систем, зокрема моніторингових інтелектуальних систем, автоматизувати процеси синтезу моделей в структурі глобальних функціональних залежностей, знизити впливовість суб'єктивних оцінок дослідника на результати перетворення даних.

II. ДАНІ-ІНФОРМАЦІЯ-ЗНАННЯ

Знання формуються шляхом поєднання інформації, що міститься в моделях ГФЗ. Структура ГФЗ формується шляхом ієрархічного поєднання моделей, які є розв'язками локальних задач перетворення інформації

[2]. Кожна модель, що утворює ГФЗ, містить інформацію – відомості про властивості об'єкта. Разом з тим, в структурі ГФЗ модель виконує функцію локального алгоритму перетворення інформації, яку містить масив вхідних даних (МВД) – чисельних результатів моніторингу. Таким чином забезпечується взаємозв'язок понять дані – інформація – знання.

III. МЕХАНІЗМ ВИВОДУ ВИСНОВКІВ

Висновки формуються шляхом інтерпретації результатів багаторівневого перетворення чисельних характеристик спостережень шляхом використання ГФЗ бази модельних знань (БМЗ). Чисельні характеристики результатів спостережень (дані):

$$X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}, i = \overline{1, k}, \quad (1)$$

де n – кількість характеристик спостережень, перетворюються на значення модельованих показників:

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}, \quad (2)$$

де k – кількість модельованих показників, за рахунок використання інформації про властивості об'єкта, яка міститься в моделях:

$$y_i = f(X_i), i = \overline{1, k} \quad (3)$$

Модель, як правило, є розв'язком задачі класифікації точок спостереження в масиві (1) або ідентифікації функціональної залежності характеристики властивості об'єкта y_i , що входить до масиву Y (2), від характеристик масиву X_i (1) і виконує функцію локального алгоритму перетворення даних.

Локальні алгоритми перетворення даних ієрархічно поєднуються в глобальну функціональну залежність за методом висхідного синтезу елементів [2]. Стратифікація структури ГФЗ дозволяє поєднати кілька різнотипних завдань із перетворення даних одного рівня моніторингу та забезпечити ієрархію перетворення даних, коли вихідні сигнали моделей нижньої страти формують масив вхідних даних для синтезу моделей вищої страти. Таким чином забезпечується координація взаємодій локальних алгоритмів перетворення даних в процесі виводу висновків МІС [3].

IV. АГЕНТНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОНІТОРИНГОВИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

Підвищити ефективність функціонування МІС було запропоновано шляхом врахування особливостей формування висновків при обробці результатів спостережень за різнотипними об'єктами. Для цього було запропоновано формувати структуру МІС у формі поєднання кількох агентів, кожен із яких виконує одну із функцій МІС. Було виділено кілька видів агентів,

розроблена типова структура агента кожного виду та запропоновані методи формування взаємодій між агентами. Взаємодія кількох однотипних агентів із різнотипними дозволяє підвищити різноманітність МІС, збільшити можливість синтезатора моделей відображати властивості об'єктів в структурі моделей БМЗ. На сьогодні кожен агент має окремий синтезатор моделей, базу модельних знань, модуль формування МВД, модуль комунікації із іншими агентами та елементами МІС, (механізми імпорту і експорту даних, інтерпретація та адаптування сигналів, отриманих на вхід агента та вихідних його сигналів).

V. Підвищення Швидкості Синтезу Структури ГФЗ

Побудова моделі об'єкта моніторингу є центральним процесом формування структури глобальної функціональної залежності. Синтезатор моделей моніторингової інтелектуальної системи, як правило, містить кілька десятків алгоритмів синтезу моделей (АСМ), що реалізують методи індуктивного моделювання, зокрема МГУА [4], кілька технологій навчання нейромереж різної топології, генетичні алгоритми окремо та в складі гібридних методів синтезу моделей та інші традиційні та нові методи. При синтезі моделей-елементів ГФЗ структура АСМ адаптується до властивостей МВД. Всі АСМ послідовно випробовуються і вибирається кращий алгоритм, який здатний синтезувати найбільш адекватну модель. ГФЗ поєднує велику кількість локальних моделей. Це потребує значного часу на їх перебудову.

Для підвищення швидкості синтезу структури глобальної функціональної залежності було запропоновано застосовувати класифікацію масивів вхідних даних [5]. Це дозволяє не випробовувати всі АСМ, а за допомогою класифікатора розпізнати який саме АСМ здатний синтезувати найбільш адекватну модель для цього масиву вхідних даних. Синтезатор моделей в структурі моніторингової інтелектуальної системи реалізується у формі скінченного недетермінованого автомату, що змінює свій стан за вихідним сигналом класифікатора МВД. Таким чином час синтезу структури ГФЗ скорочується в кілька разів. На сьогодні дослідження мають за мету зменшити втрати точності сигналів на виході ГФЗ.

VI. Використання Технології Багаторівневого Інтелектуального Моніторингу

Інформаційна технологія багаторівневого інтелектуального моніторингу, що реалізується у формі моніторингових інтелектуальних систем, знайшла своє використання в різних предметних областях.

Інформаційно-аналітична система багаторівневого соціоecологічного моніторингу «COBA» [6]. Система визначає залежність захворюваності населення Черкаської області від концентрації шкідливих речовин в повітрі, воді, продуктах харчування та від рівня техногенних випромінювань.

Інформаційна система інтелектуального моніторингу наслідків захворювання на інфаркт міокарда [7] дозволяє за результатами спостережень впродовж початкового періоду захворювання передбачити можливість летального наслідку розвитку стану хворого.

Система інформаційного моніторингу для інтелектуального аналізу текстів [8] визначає автора тексту, його вік, стать, освіченість, місце походження, та виконує інші завдання із класифікації текстових повідомлень.

Інформаційно-аналітична система багаторівневого санітарно-гігієнічного моніторингу учнів загальноосвітньої школи [9] дозволяє виявити умови забезпечення максимальної успішності учнів середнього шкільного віку за умови збереження їх фізичного та психологічного здоров'я. Відповідно до індивідуальних особливостей діти поєднуються в класи.

VII. Висновки

Конкурентними перевагами моніторингових інтелектуальних систем є використання механізму виводу висновків у формі ієрархічного поєднання поліноміальних моделей, нейромереж, генетичних та гібридних алгоритмів в структурі глобальної функціональної залежності та поєднання їх у базу модельних знань. Для підвищення ефективності функціонування моніторингових інтелектуальних систем запропоновано використовувати агентний підхід для побудови їх структури та використовувати класифікатори масивів вхідних даних для підвищення швидкості синтезу моделей

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Жирякова І.А., Голуб С.В. Новий підхід до концептуалізації знань. Технічні науки та технології. – 2015. – № 2. – С. 78-82
- [2] Голуб С.В. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2007. – 220 с.
- [3] Голуб С.В. Стратифікація систем перетворення інформації в технологіях багаторівневого соціоecологічного моніторингу // Проблеми інформатизації: науково-технічний семінар: збірник тез доповідей. – Черкаси: ЧДТУ, 2008. – Випуск 1 (1). – С. 15-16.
- [4] Avramenko A., Holub S. Classification models in information systems for social and environmental crisis monitoring. Inzynier XXI wieku. Monografia: Wydawnictwo naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Bialej. – 2016. – S. 43-46
- [5] Иващенко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наук. Думка, 1981. 296 с.
- [6] Договір № 2 від 10 березня 2004 р. на створення науково-технічної продукції „Створення реєстру забруднюючих доквілля викидів та їх переносу в області”, (на підставі Розпорядження голови Черкаської облдержадміністрації від 25.05.2000 р. № 189 «Про координаційну раду зі створення реєстру забруднюючих доквілля викидів та їх переносу в області» та звернення інституту медицини праці академії медичних наук України від 17.04.2000 № 01/255, ДР № 0107U008789.
- [7] Голуб С.В. Використання евристичної системи спостережень для прогнозування післяінфарктних ускладнень / С.В. Голуб В.М., Джолос // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2004. – Т. 2, № 4 (31). – С. 109-114.
- [8] Голуб С.В., Мартинова Г.І., Голуб М.С. Моделювання діалектного тексту в технології багаторівневого інформаційного моніторингу. Математичні машини і системи. – 2016. – № 4. – С. 76-83
- [9] Голуб С.В., Немченко В.Ю. Формування структури страт в інформаційній системі соціогігієнічного моніторингу. Системи обробки інформації: Збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2015. – Вип. 5 (130). С. 70-73

Формування Словника Ознак Для Класифікації Україномовних Текстів В Інформаційній Технології Багаторівневого Інтелектуального Моніторингу

Марія Голуб

*кафедра інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії
Черкаський державний технологічний університет*

Черкаси, Україна

sashasokolovska92@gmail.com

Formation of a Dictionary of Features For the Classification of Ukrainian-Language Texts In the Information Technology of Multilevel Intelligent Monitoring

Maria Holub

*dept. of Information Security and Computer Engineering
Cherkasy State Technological University*

Cherkasy, Ukraine

sashasokolovska92@gmail.com

Анотація—Дослідження присвячене розв'язанню наукової задачі підвищення адекватності класифікації україномовних текстів шляхом розробки методів і засобів ефективного формування масиву чисельних характеристик їх ознак для побудови моделей-класифікаторів в інформаційних технологіях багаторівневого інтелектуального моніторингу.

Інформаційна технологія реалізується у вигляді моніторингової інтелектуальної системи (МІС). В результаті удосконалення методу формування словника ознак, розробки нового методу побудови точок спостереження і координації їх із синтезатором моделей-класифікаторів, базою модельних знань та іншими елементами МІС, вдалося досягнути системного ефекту (емерджентності). Емерджентність отримано у формі здатності класифікувати україномовні текстові повідомлення та збільшення кількості правильно класифікованих текстів у порівнянні з аналогами. Їх частка сягнула 98-100%. Одночасно зменшився до 500 знаків розмір текстового повідомлення, яке може бути класифікованим правильно.

Результати, отримані в ході дослідження, були підтверджені експериментально при визначенні місця проживання авторів друкованих текстових повідомлень, при розв'язанні задач атрибуції та профілювання текстів. Інформаційна технологія багаторівневого інтелектуального моніторингу набула здатності розв'язувати завдання інтелектуального аналізу україномовних текстів, зокрема їх класифікації.

Abstract—This Dissertation is devoted to solve the scientific problem of increasing the adequacy of the ukrainian-language texts classification. It's process combine developing methods and means of effective formation an array of their numerical indications for constructing model-classifiers in multi-level intellectual monitoring technologies.

Information technology is implemented in the monitoring intellectual system (MIS) form. The result of the of the method's implementation of forming a dictionary of features, developing a new method for constructing observation's points of the Ministry of Internal Affairs and coordinating them with the synthesizer of model-classifiers, the base of model knowledge and other elements of the MIS. It became possible to

achieve systemic effect (immersion). Immersion is obtained in the form of ability to classify ukrainian-language text messages and increase the number of correctly classified texts compared to analogues. The share reached in 98-100%. At the same time, the size of a text message, categorized correctly, has been reduced to 500 characters.

The results obtained during the study were confirmed experimentally in determining the place of residence of the authors of printed text messages, between the solving tasks of attribution and text profiling. The information technology of multi-level intellectual monitoring has acquired an ability to solve the problems of intellectual analysis of Ukrainian-language texts, in particular their classification.

Ключові слова—інтелектуальний аналіз тексту; словник ознак; класифікація, синтез моделей, МГУА

Keywords— text mining; vocabulary features; classification, synthesis of models; GMDH

I. ВСТУП

Актуальність досліджень класифікації україномовних текстів визначається необхідністю автоматизувати ці процеси для розширення можливостей технології багаторівневого інтелектуального моніторингу. Результати можуть використовуватись в технологіях захисту інформаційного простору України, для атрибуції та профілювання текстів в криміналістиці, класифікації E-mail повідомлень, організації змістового пошуку інформації в існуючих бібліотеках та створення нових архівів текстів, для консолідації результатів обробки текстових повідомлень, психологічних тестів, економічних даних у технологіях інформаційного моніторингу заданих об'єктів та для виконання інших завдань.

Підвищення адекватності класифікації україномовних текстів відбувається шляхом розробки методів і засобів ефективного формування масиву чисельних характеристик їх ознак для побудови моделей-класифікаторів в технологіях багаторівневого інтелектуального моніторингу. Отримані результати дозволяють підвищити адекватність класифікації україномовних текстів інформаційною технологією багаторівневого інтелектуального моніторингу.

Класифікація текстів передбачає побудову вирішуючого правила. Його завдання – перетворення значень класифікаційних ознак до форми висновку про те, до якого із наперед заданих класів належить текст. Під час обробки великих масивів текстів необхідно застосувати відповідні технології інтелектуального моніторингу. З цією метою використання інформаційної технології багаторівневого інтелектуального моніторингу стримує відсутність у ній методів та засобів визначення чисельних характеристик друкованих текстів для формування масиву вхідних даних.

II. ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО СЛОВНИКА ОЗНАК

Поєднуючи процеси перетворення друкованого тексту до форми масиву чисельних ознак та синтезу моделей-класифікаторів типовими засобами моніторингової інтелектуальної системи (МІС) вдається отримати таку інформаційну технологію. Текст розбивається на ділянки однакової довжини – вікна, формується перелік інформативних ознак, із них формується словник ознак. Далі розраховуються чисельні показники ознак у кожному вікні тексту, із них будуються точки спостереження – рядки в масиві вхідних даних. Поєднання точок спостереження дозволяє отримати матрицю чисельних характеристик тексту, за якою синтезуються моделі. Для синтезу моделей використовується типова для моніторингової інтелектуальної системи процедура відбору кращого алгоритму синтезу моделей (АСМ) після їх випробування. У випробуванні приймають участь АСМ на основі методу групового урахування аргументів (МГУА) [4], нейромереж кількох топологій, генетичних та гібридних алгоритмів і інші методи машинного навчання.

Підвищити інформативність масиву вхідних даних для класифікації україномовних текстів можливо шляхом формування індивідуального словника ознак для кожної задачі класифікації. За критерій інформативності використана ймовірність використання ознаки у вікні. Задається мінімальне значення критерію інформативності – Межа Інформативної Достатності (МІД) і відбираються ознаки, інформативність яких більша або дорівнює МІД для даного тексту. Після цього формується масив вхідних даних, синтезується та випробовується модель-класифікатор.

Для експериментальної перевірки гіпотези про ефективність формування індивідуального словника ознак розв'язувалась задача атрибуції. Тексти розбивались на вікна. Класифікувались вікна. Словники ознак для кожного класу текстів формувались індивідуально. Розмір вікна та межа інформативної достатності для кожного класу текстів визначали експериментально за методом повного перебору.

Результати порівняння характеристик моделей, що синтезовані із використанням адаптивного формування словника ознак та без нього подані в таблиці 1.

Переваги нового методу обраховувались за наступною формулою:

$$P = \frac{n_a - n_f}{n_f} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де P – перевага нового методу;

n_f – кількість правильно класифікованих точок із фіксованим переліком ознак;

n_a – кількість правильно класифікованих точок із адаптивним переліком ознак.

У таблиці 1 подані результати випробування моделей-класифікаторів, отриманих із застосуванням процедури індивідуального формування словника ознак для кожної задачі класифікації. В порівнянні із моделями, отриманими за фіксованим переліком ознак, моделі, синтезовані за новим методом мають менше ознак в масиві вхідних даних. Це означає, що модель синтезується швидше, із використанням менших обчислювальних ресурсів.

Кількість ознак у словнику для кожної задачі класифікації індивідуальний.

ТАБЛИЦЯ І. РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ АДАПТИВНИХ СЛОВНИКІВ ОЗНАК

Текст	Фіксований перелік ознак		Адаптивний перелік ознак		Пере- вага нового методу P, %
	Кіль- кість ознак	Кількість вірно розпізна- них вікон, %	Кіль- кість ознак	Кількість вірно розпізна- них вікон, %	
Текст Гончар О.Т. "Гори співають"	151	66,67	73	83,33	24,99
Франко І.Я. "Борислав сміється"	151	66,67	63	83,33	0
Андрухович Ю.І. "Рекреації"	151	75	65	75	9,09
Вдовиченко Г.К. "Бора"	151	91,67	57	100	0
Кокотюха А.А. "Останній раз"	151	100	69	100	37,5
Жадан С.В. "Месопотамія"	151	66,67	70	91,67	24,99

Це означає, що метод формування словника ознак адаптивний до кожної задачі класифікації. Кожного разу під час побудови наступної моделі-класифікатора треба розв'язувати задачу параметричної оптимізації. Кількість правильно класифікованих точок спостереження зростає на 8,33 – 19,99%, досягаючи (75-100)% правильно класифікованих вікон.

III. ВИСНОВКИ

Вперше розроблені та удосконалені методи та засоби перетворення текстових повідомлень до форми масиву чисельних ознак, які забезпечують достатню інформативність цього масиву та дозволяють будувати класифікатори шляхом машинного навчання

поліноміальних моделей типовими засобами систем багаторівневого інтелектуального моніторингу. Таким чином, науково-прикладна задача, яка має важливе народногосподарське значення, у роботі вирішена.

Проведено аналіз і узагальнення існуючих підходів, методів та засобів формування масиву чисельних ознак в інформаційних технологіях класифікації друківаних текстів. На їх підставі сформульовано наукову задачу, визначено мету та завдання досліджень. Було виявлено, що найбільш перспективним напрямом розв'язання наукової задачі є автоматизація процесу синтезу класифікаторів шляхом машинного навчання поліноміальних моделей. Це дає можливість використати з цією метою типові модулі синтезу моделей вже існуючих систем інтелектуального моніторингу.

При дослідженні процесів оптимізації розміру вікон і оцінки інформативності ознак було отримано перший науковий результат. Удосконалено метод формування словника ознак який ґрунтується на визначенні критерію інформативності та відбору ознак за цим критерієм, за рахунок використання в якості критерію інформативності ймовірності виявлення ознаки у вікні, та за рахунок формування індивідуального словника із ознак, інформативність яких перевищує задану за результатами випробування моделі-класифікатора. Це дозволяє підвищити селективність моделі-класифікатора та збільшити кількість вірно класифікованих точок спостереження в багатовимірному просторі ознак. Кількість правильно класифікованих точок зростає на (8,33 – 19,99)%.

Застосування розробленої інформаційної технології класифікації текстів дозволяє автоматизувати процеси інтелектуального аналізу інформаційних потоків. Таким чином забезпечили процес інформаційного моніторингу.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Марков А. А. Об одном применении статистического метода // Известия Императорской Академии наук. Сер. 6. 1916. Т. 10, № 4. С. 239-242.
- [2] Резанова З.И. О выборе признаков текста, релевантных в автороведческой экспертной деятельности / З.И. Резанова, А.С. Романов, Р.В. Мещеряков // Вестник Томского государственного университета. Филология. 2013. №6 (26), С. 38-52
- [3] Шевелев О.Г. Методы автоматической классификации текстов на естественном языке: учеб. пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 144 с.
- [4] Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наук. Думка, 1981. 296 с.
- [5]

Основні Джерела Технічних Каналів Витоку Інформації Та Обґрунтування Ризику Щодо Їх Убезпечення

Сергій Іванченко
*Науково-дослідний центр
Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ, Україна
soivanch@ukr.net*

Олександр Пучков
*Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації
КПІ
ім. Ігоря Сікорського
Київ, Україна
ganaga@ukr.net*

Євген Пелешок
*Науково-дослідний центр
Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ, Україна
pel85@ukr.net*

Василь Некоз
*Науково-дослідний центр
Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ, Україна
nvs20141987@gmail.com*

The Main Sources of Technical Channels of Information Leakage And Justification of the Risk of Their Security

Serhii Ivanchenko
*Research Center
Institute for Special Communications and Information
Protection KPI them Igor Sikorsky
Kyiv, Ukraine
soivanch@ukr.net*

Oleksandr Puchkov
*Institute for Special Communications and Information
Protection
KPI them Igor Sikorsky
Kyiv, Ukraine
ganaga@ukr.net*

Yevhen Peleshok
*Research Center
Institute for Special Communications and Information
Protection KPI them Igor Sikorsky
Kyiv, Ukraine
pel85@ukr.net*

Vasyl Neko
*Research Center
Institute for Special Communications and Information
Protection KPI them Igor Sikorsky
Kyiv, Ukraine
nvs20141987@gmail.com*

Анотація—Проведено огляд основних джерел витоку інформації, що мають місце на сучасних об'єктах інформаційної діяльності. Здійснено обґрунтування ризику інформаційної безпеки відносно можливості утворення технічних каналів витоку. Обґрунтовано зв'язок між показниками захищеності та імовірністю ризику, який

дозволяє аналіз останнього та розрахунок граничних значень зазначених показників.

Abstract—An overview of the main sources of information leakage taking place on modern objects of information activity was conducted. Substantiation of the risk of information security regarding the possibility of creating technical channels

of leakage. The connection between the indicators of security and the probability of risk, which allows the analysis of the latter and calculation of the limit values of these indicators, is substantiated.

Ключові—об'єкт інформаційної діяльності; інформація; захист; ризик; виток інформації; технічний канал витоку

Keywords—object of information activity; information; protection; risk; a turn of information; technical channel of leakage

I. ВСТУП

В багатьох випадках виробнича діяльність людства пов'язана з обігом інформації на об'єктах інформаційної діяльності (ОІД). Як правило, це озвучення мовної інформації, де її поширення здійснюється у виді акустичних хвиль. Це обробка та передача інформації технічними засобами та системами, які в більшості випадків на сьогоднішній день являють собою сучасні цифрові інформаційно-телекомунікаційні системи (ІТС). Це звичайна візуальна інформація, яка представляється у виді зображень, картинок та відеострічок.

Обіг інформації щодо всіх видів вище зазначених джерел, яка в сукупності утворює інформаційний ресурс, вимагає застосування ефективного технологічного забезпечення та передбачає використання сучасного кіберпростору. При цьому, як очевидно, центральним питанням, що визначає цю ефективність, є безпека використання кіберпростору, яка в частині інформаційної взаємодії повністю визначається сутністю інформаційної та кібернетичної безпеки.

Згідно з правовим полем в Україні інформацію поділяють на відкриту та інформацію з обмеженим доступом, яка в свою чергу розрізняється на таємну, службову та конфіденційну інформації. Це розрізнення здійснюється в залежності від важливості та належності відомостей, а тому актуальність їх забезпечення повністю визначається власником інформації, його інтересами, та визначеними ним загрозами [1 - 3].

Слід зазначити, що на сьогоднішній день особливої уваги зазнають персональні дані [4]. Цьому сприяє рід факторів. Це високий рівень розвитку комерційної діяльності, розширення та збагачення приватного сектору. Це ствердження права людини на міжнародній арені та гарантування її свобод, забезпечення конфіденційності її персональних даних. Це зростання потенційних можливостей перехоплення інформації, що зумовлено сучасним станом розвитку науки і техніки світу.

ІТС, що забезпечують функціонування сучасного кіберпростору, є переважно електронними, а тому під час роботи вони супроводжуються побічними електромагнітними випромінюваннями та наведеннями, які порушують безпеку [5, 6]. Небезпечні сигнали, що несуть інформацію у відкритому виді, поширюються за межі ОІД на відносно невеликій відстані та утворюють технічні канали витоку інформації.

Згідно з міжнародними стандартами щодо менеджменту інформаційної безпеки ISO/IEC серії 2700x,

головним показником щодо всіх видів загроз є ризик безпеки [7]. Ризик представляє собою потенційну можливість небезпеки, що приводить до збитків. Він є поєднанням імовірності реалізації загрози та наслідків від неї, а тому повинен мати відповідні механізми, методи або методики, які б забезпечували розрахунок та аналіз показників захищеності і для технічних каналів витоку інформації як однієї із видів загроз.

Отже, на об'єктах інформаційної діяльності має місце загроза витоку інформації технічними каналами, яка вимагає обґрунтування ризику інформаційної безпеки. Це є можливим з врахуванням особливостей основних джерел витоку, що мають місце на ОІД. Тому завдання щодо аналізу особливостей основних джерел витоку та обґрунтування ризику щодо їх забезпечення є актуальним та вимагає відповідних наукових вирішень.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Одним із підходів, що споконвічно забезпечував надійний захист інформації від витоку технічними каналами, є повна ліквідація каналу витоку. Він гуртувався на ототожненні інформації та сигналу. Емпіричним шляхом можна було знайти відстань, на якому в середовищі поширення носіїв здійснюється згасання сигналу до повного розсіювання в шумах середовища. Досягнення умови відсутності сигналу в точці можливого перехоплення забезпечувало умову відсутності каналу та можливості витоку інформації.

Такий спосіб забезпечення є досить простим з точки зору обґрунтування стану захищеності інформації. Однак, він має складність при його реалізації. Це пов'язано з тим, що об'єкти вимагають створення досить великих контрольованих зон, відокремленого або автономного електроживлення, використання ефективного екранування та засобів активного зашумлення, тощо. Це створює суттєві незручності при розробці захищеного ОІД, а часто робить і неможливим його створення із-за просторових обмежень.

Інший спосіб, що може також забезпечувати достовірність захисту, пов'язаний з відокремленням суті відомостей від енергетичного сигналу. Адже наявність повідомлень на виході каналу передбачає проходження через нього певних носіїв. А от наявність сигналу не завжди свідчить про отримання на прийомі корисних відомостей, оскільки в каналі може діяти завада, яка спотворює сигнал та приводить до втрати інформації.

Очевидно, що зазначений спосіб пов'язаний з економією ресурсів щодо забезпечення захищеності інформацією на ОІД. Він не має на меті подолання всього енергетичного потоку інформаційних даних. Він направлений більше на безпосереднє спотворення інформативних параметрів сигналу ніж сам сигнал. Однак цей спосіб обґрунтування захищеності має складність. Він повинен ретельно, з мінімум недоліків враховувати всі можливі фактори, що впливають на цю захищеність.

Якщо ризик є поєднанням імовірності реалізації загрози та наслідків від неї, то в технологічній частині реалізації загрози його можна розглядати як імовірність того, що частина відомостей все таки витікатиме через технічний канал. Якщо існує така допустима частина цих відомостей, при витоку якої безпека не порушиться, або порушиться не суттєво, то її можна взяти як норму безпеки та поставити їй у відповідність гранично допустиму імовірність ризику.

Гранично допустима імовірність ризику є відправною точкою для розрахунку всіх інших показників захисту, які характеризують ефект протистояння загрозі. Так, наприклад, для обґрунтування захищеності мовних джерел інформації в нормованому ризику можна у відповідність поставити гранично допустиму розбірливість. За розбірливістю знайти відповідні енергетичні умови в точці можливого перехоплення, що забезпечуватимуть заданий ризик. Для зображень, як не менш важливого виду інформації поряд з мовною, аналогічним чином можна знайти гранично допустимі відношення сигнал/завада через нормування їх розпізнання.

Зазначені підходи мають сенс для практичного використання, оскільки для обох джерел кінцевим приймачем є людина. При цьому використаний суб'єктивізм в оцінюванні захищеності джерел витоку повністю компенсуватиметься вадами цього суб'єктивізму при перехопленні. Слід зазначити, що ці підходи мають ефективне застосування для старого парку техніки, які не були цифровими та не використовували аналого-цифрових перетворень.

Однак, сучасні ІТС по відношенню до техніки минулих часів зазнали досить суттєвих змін. На сьогоднішній день ІТС без винятку є цифровими та автоматизованими. Їх функціонування забезпечується самостійним керуванням внутрішніми процесами з мінімізацією участі оператора. Вони автоматизовано здійснюють часове об'єднання та роз'єднання інформаційних потоків; самостійно керують повторами сеансів обробки та передачі, коригують якість каналів, вносячи в послідовності даних різного характеру надлишковості; тощо.

Очевидно, що знаходження потрібних відношень сигнал/завада для сучасних ІТС за заданими розбірливістю та розпізнанням є складним, а то і неможливим. Тому для забезпечення інформації від витоку технічними каналами запропоновано обґрунтування нових підходів, які базуватимуться на теоретичному обґрунтуванні захищеності та братимуть початок від заданого ризику безпеки. Вони повинні мати практичну реалізованість та забезпечувати захищеність із заданою гарантією достовірності безпеки.

Нехай задано гранично допустиму імовірність ризику $p_{r, \text{гр. доп.}}$. Це є імовірність, яка по суті виражає потрібний рівень захисту інформації в середньому. Її обирає та визначає власник інформації в залежності від ступеня та виду обмеження доступу. Заданій величині $p_{r, \text{гр. доп.}}$ можна

поставити у відповідність гранично допустиму пропускну спроможність технічного каналу витоку – $C_{\text{гр. доп.}}$, яка повністю визначається максимумом кількості інформації, що може пройти через цей канал.

Пропускна спроможність каналу залежить від помилок перехоплення, що утворюють завади при поширенні у фізичному середовищі носія небезпечного сигналу [8]. Для дискретного симетричного каналу без пам'яті цей показник при розрахунку на один розряд двійкових повідомлень виражається співвідношенням:

$$C = 1 + p \log_2 p + (1 - p) \log_2 (1 - p), \quad (1)$$

де p – імовірність помилки в каналі.

Для обґрунтування потрібних енергетичних умов в точці можливого перехоплення з метою забезпечення інформації від витоку представимо технічний канал у виді дискретно-неперервного каналу (див. рис.1). Це обґрунтування необхідне для встановлення зв'язку гранично допустимих пропускну спроможності та відношення сигнал/завада – h . Використання для технічних каналів витоку ланцюгу ієрархічно взаємозв'язаних показників

$$h \rightarrow p \rightarrow C \rightarrow p_r \quad (2)$$

дозволить розрахувати їх гранично допустимі значення:

$$p_{r, \text{гр. доп.}} \rightarrow C_{\text{гр. доп.}} \rightarrow p_{\text{гр. доп.}} \rightarrow h_{\text{гр. доп.}} \quad (3)$$

Відношення сигнал/завада, яке не перевищує $h_{\text{гр. доп.}}$, має достовірно забезпечувати виконання умови не перевищення імовірності ризику за $p_{r, \text{гр. доп.}}$.

Нехай задано технічний канал витоку інформації, що утворений від ІТС побічними фізичними ефектами, як дискретно-неперервний канал (див. рис.1). ІТС можна представити як сукупність джерела дискретних даних X , яке виробляє знаки $x \in \{0, 1\}$, та модулятора, який цим знакам ставить у відповідність деякі реалізації $s_0(t)$ та $s_1(t)$ тривалістю T та потужностями:

$$P_0 = \frac{1}{T} \int_0^T s_0^2(t) dt \quad \text{та} \quad P_1 = \frac{1}{T} \int_0^T s_1^2(t) dt \quad (4)$$

Ці реалізації є формою представлення даних в ІТС та, відповідно, мають різнитись між собою так, щоб по ним можна було ідентифікувати логічні "0" або "1". Наприклад, USB-порт для представлення "0" та "1" використовує імпульси номіналом в 5 вольт. Можуть використовуватись і інші способи представлення даних.

Вище зазначені реалізації $s_r(t)$, $r = 0, 1$, поширюються неперервним каналом, де на них впливає адитивна гауссівська завада $n(t)$:

$$u(t) = s_r(t) + n(t). \quad (5)$$

На рис.1 неперервний канал є результатом творіння побічних ефектів, що сприяють витоку інформації з ІТС, та представляє собою опис фізичного середовища, де відбуваються ці ефекти.

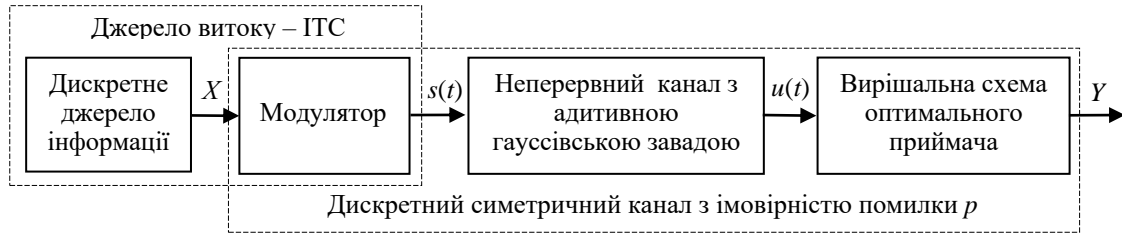


Рис. 1. Дискретно-неперервний канал як технічний канал витоку інформації від сучасних ІТС при перехопленні даних з використанням оптимальним приймача

Слід зазначити, що імовірність p у співвідношенні (1) визначається не тільки завадами в каналі як було вказано. Вона залежить і від ефективності використаних засобів перехоплення. Проте чим користуватиметься зловмисник, як правило, є невідомим. Адже зазвичай перехоплення здійснюється приховано. Тому обґрунтування зв'язку імовірності помилки з відношенням сигнал/завада має бути виконаним як для найгіршого випадку з точки зору забезпечення інформації. Тобто це передбачає, що перехоплення здійснюється найкращим чином з використанням оптимального прийому.

Побудова оптимального приймача ґрунтується на використанні критерію Котельникова – максимуму апостеріорної імовірності для пар даних x_r на вході каналу та y_l , $l = 0, 1$, на його виході (див. рис.2):

$$p(x_r / y_l) \rightarrow \max_{r=l} \quad (6)$$

Вибір цього критерію здійснено тому, що він відповідає максимуму взаємної інформації I_{rl} , між x_r та y_l , якщо рішення вірне $l = r$, та, якщо рішення хибне $l \neq r$, – мінімуму інформації. В цьому нескладно впевнитись, проаналізувавши визначальне співвідношення для I_{rl} :

$$I_{rl} \uparrow = \log_2 \frac{p(x_r / y_l) \uparrow}{p(x_r)} \quad (7)$$

Вирішальна схема на рис. 2 побудована з використанням таких обмежень:

- дискретне жерело інформації є джерелом без пам'яті;
- неперервні процеси в каналі розглядаються як стаціонарні та ергодичні, що є цілком допустимим для великих потоків даних;
- реалізації $s_r(t)$ в каналі на рис.1 не потерпають згасання, оскільки для реальних каналів це може бути скоригованим розрахунковим шляхом;
- в якості завади використано адитивний білий шум зі спектральною щільністю N_o . Його використання зумовлено тим, що для білого шуму існує можливість аналітичного доведення захищеності інформації. Крім того розподіл ймовірностей реальних шумових процесів в асимптотиці спрямований до нормального розподілу, яким володіє білий шум.

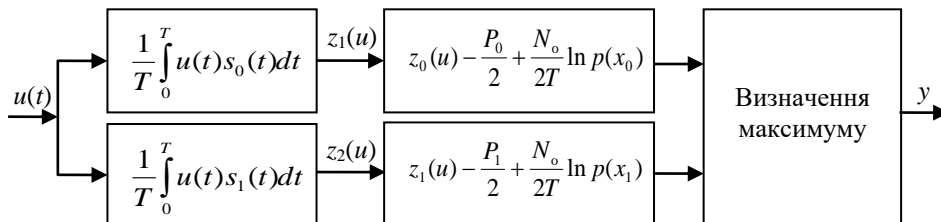


Рис. 2. Вирішальна схема оптимального приймача при перехопленні дискретних даних через неперервне середовище

Відмінністю ж вирішальної схеми, що запропонована для каналів витоку на рис. 2, по відношенню до аналогічних схем в каналах зв'язку є використання бернуллівського розподілу джерела замість рівноймовірного. Це дозволяє при забезпечення захищеності врахувати можливий дисбаланс знаків в

послідовності даних та більш точно розрахувати імовірність помилкового прийому при перехопленні.

Якщо технічний каналу витоку між входом X та виходом Y апроксимувати дискретним симетричним каналом без пам'яті, та імовірність помилки p може бути

знайденою як помилкове перехоплення в середньому по всім знакам x_i :

$$p = p(x_0)p(y_1/x_0) + p(x_1)p(y_0/x_1). \quad (8)$$

Слід зазначити, що неперервні канали з адитивною завадою не завжди утворюють дискретний симетричний (адитивний) канал. Принаймні за умови $p(x_0) \neq p(x_1)$ він не є симетричним. Однак, утворення помилки є випадковим процесом, а тому має характеризуватись імовірністю помилки в середньому [8].

Для співвідношення (8) імовірності помилкових перехоплень знаходяться за формулами:

$$p(y_1/x_0) = F\left(-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{P_\Delta T}{N_0}} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{N_0}{P_\Delta T}} \ln \frac{p(x_1)}{p(x_0)}\right) \quad (9)$$

та

$$p(y_0/x_1) = F\left(-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{P_\Delta T}{N_0}} - \frac{1}{2}\sqrt{\frac{N_0}{P_\Delta T}} \ln \frac{p(x_1)}{p(x_0)}\right), \quad (10)$$

де P_Δ – потужність різницевого сигналу:

$$P_\Delta = \frac{1}{T} \int_0^T s_\Delta^2(t) dt, \quad (11)$$

$s_\Delta(t)$ – різницевий сигнал:

$$s_\Delta(t) = s_1(t) - s_0(t), \quad (12)$$

$F(x)$ – інтеграл Лапласа. Знаходиться з довідника:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left\{-\frac{\eta^2}{2}\right\} d\eta. \quad (13)$$

У формулі (9) та (10) складова $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{P_\Delta T}{N_0}} = h$ є відношенням сигнал/завада, яке визначає енергетичні умови в точці можливого перехоплення інформації.

Для кожного h за співвідношеннями (9) та (10) можна обрахувати імовірності помилкових перехоплень та, підставивши отримані значення у формулу (7), знайти імовірність помилки в технічному каналі витоку p . Імовірність p за співвідношенням (1) повністю визначає пропускну спроможність каналу C та, відповідно, імовірність ризику безпеки p_r , що відповідає формулі (2).

Вказані формули дозволяють встановлення і зворотного зв'язку цих показників, як це показано формулою (3). За заданою гранично допустимою імовірністю p_r гр. доп. це надає можливість визначати їх гранично допустимі значення та обґрунтовувати захищеність інформації в ІТС від витоку технічними каналами через кількісні показники.

III. ВИСНОВКИ

Таким чином, проведено огляд основних джерел витоку інформації, що мають місце на об'єктах інформаційної діяльності та здійснено обґрунтування ризику інформаційної безпеки відносно можливості утворення технічних каналів витоку. Обґрунтовано зв'язок між показниками захищеності та імовірністю ризику, який представляє собою їх певний ієрархічний ланцюг. Він характеризує процес реалізації загрози та дозволяє аналіз ризику безпеки з розрахунком граничних значень зазначених показників.

Показано аналітичні зв'язки між цими показниками, які за заданою гранично допустимою імовірністю ризику надають можливість знаходження їх гранично допустимих значень. Кінцевим із зазначених показників є відношення сигнал/завада, який визначає енергетичні умови на фізичному рівні при перехопленні. На відміну від існуючих підходів знайдене в такий спосіб відношення сигнал/завада не є кінцевою нормою захищеності. Воно має гнучкий характер та враховує особливості роботи сучасних ІТС.

Суттєвою особливістю використаного підходу є те, що захищеність може коригуватись не тільки за рахунок енергетичних показників, а й за допомогою імовірності помилки в технічному каналі. Адже існують методи випадкового кодування, які за рахунок реалізованих в ІТС кодових перетворень, можуть підвищувати цю імовірність та захищеність в цілому. Це, в свою чергу, дозволяє економію шумових завад та послаблює вимоги з захищеності. Окремим питанням, що дозволяє коригування захищеності на цьому рівні є надлишковість джерел витоку – даних, що мають обіг в ІТС.

Запропонований підхід з обґрунтування захищеності для сучасних ІТС надає можливість захисту інформації від витоку технічними каналами з доведеною гарантією достовірності. Застосовані кількісні показники та їх ієрархічність дозволяють практичне використання цих показників в якості нормативних та гарантувати захищеність інформації та її безпеку в цілому.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Закон України «Про інформацію» (1992р.)
- [2] Закон України «Про державну таємницю» (1994р.)
- [3] Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про інформацію» (2011р.)
- [4] Ленков С.В. Методы и средства защиты информации. Том I. Несанкционированное получение информации / С.В. Ленков, Д.А. Перегудов, В.А. Хорошко – К.: Арий, 2008. – 464 с.

- [5] Kuhn G. Compromising emanations: eavesdropping risks of computer displays. This technical report is based on a dissertation submitted June 2002 by the author for the degree of Doctor of Philosophy to the University of Cambridge, Wolfson College. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www. cl. cam. ac. uk/techreports](http://www.cl.cam.ac.uk/techreports).
- [6] Закон України «Про захист персональних даних» (2010р.)
- [7] Information technology. Security techniques. Information security management systems. Requirements [ISO/IEC 27001:2013].
- [8] Іванченко С. О. Обґрунтування захищеності інформації від витоку технічними каналами для сучасних інформаційно-телекомунікаційних систем/ Сергій Олександрович Іванченко, Олег Андрійович Рушак, Олександр Олександрович Пучков, Анатолій Васильович Голішевський // Міжнародна науково-практична конференція “Інформаційні технології та комп’ютерне моделювання – 2019”, м. Івано-Франківськ, 20 – 25 травня 2019 р., Тези доповідей (Матеріали статей -366 с.). – Івано-Франківськ: п. Голіней О.М., 2019. – С 179 – 185. ISBN 978-617-7468-37-9
- [9] Іванченко С.О. Обґрунтування ризику безпеки інформації щодо її захищеності від витоку технічними каналами / Сергій Олександрович Іванченко // Науково-технічний збірник "Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні". – Київ, НТУУ "КПІ" НДЦ "Тезис", 2016. – № 1 (31) – С. 9 – 13.

Математичний метод оцінки ефективності технологічного процесу на базі вібраційного і віброударного обладнання

Ярослав Іванчук
кафедра комп'ютерних наук
Вінницький національний технічний університет
Вінниця, Україна
ivanchuck@ukr.net

Mathematical Method for Evaluating the Effectiveness of the Process on the Basis of Vibration and Vibro-impact Equipment

Yaroslav Ivanchuk
dept. of Computer Science
Vinnytsia National Technical University
Vinnytsia, Ukraine
ivanchuck@ukr.net

Анотація—Визначено високу ефективність технологічного процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів за допомогою вібраційної і віброударної обробки. Висока степінь інтенсифікації процесу ущільнення заготовки досягається застосуванням оригінальних інерційних вібропрес-молотів з гідроімпульсним приводом. Розглянутий системний підхід до технологічного процесу формоутворення (процес, машина, заготовка) і складені множини конструктивних параметрів технологічного обладнання дозволило створити математичну модель визначення середньої щільності заготовки. За критерій оцінки ефективності функціонування технологічного процесу формоутворення заготовок було обрано екстремум масиву значень функцій належності, як визначник повноти і дієвості. На основі нечітких множин була виконана оцінка ефективності функціонування технологічного комплексу. Визначені зв'язки між параметрами середньої щільності заготовки і функції режиму віброударного навантаження заготовки. Проведений аналіз технологічних параметрів заготовок засвідчив адекватність розробленого комплексного математичного апарату для оцінювання динамічної зміни середньої щільності та нерівнощільності отриманих виробів. Встановлено доцільність часового обмеження формування кінцевого виробу віброударним способом пресування для збереження якості. Розробка

перспективного методу оцінки стану виробничого комплексу на базі вібропресового обладнання з гідроімпульсним приводом дозволить підвищити ефективність його технологічного процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів.

Abstract— High efficiency of the technological process of shaping workpieces from powder materials using vibratory and vibro-impact treatments was defined. High degree of intensification of the process of workpiece sealing is achieved using original inertial vibration press-hammers with hydropulse drive. The explored systematic approach to technological process of shaping (process, machine, and workpiece) and sets of design parameters of technological equipment allowed us to create a mathematical model of determining average density of a workpiece. Extremum of array of values of membership function as a determinant of completeness and effectiveness, was selected as the criterion of estimation of functioning efficiency of technological process of shaping workpieces. Assessment of efficiency of functioning of technological complex was made based on fuzzy sets. Relationships between parameters of average density of a workpiece and function of the mode of vibroimpact loading of a workpiece were defined. Performed analysis of technological parameters of workpieces demonstrated adequacy of the developed complex mathematical apparatus for evaluation of

dynamic changes in average density and uneven density of derived products. Expediency of time restriction of shaping a final product by vibroimpact pressing method for quality maintaining was established. Development of a promising method of evaluation of production complex condition based on vibropress equipment with hydropulse drive will allow an increase in efficiency of the technological process of shaping workpieces from powder materials.

Ключові слова—нечіткі множини, формоутворення, рівнощільність, гідроімпульсний привод, вібропресове обладнання, порошковий матеріал.

Keywords— fuzzy sets, shaping, equal density, hydropulse drive, vibropress equipment, powder material.

I ВСТУП

Технології, які характеризуються процесами формоутворення заготовок, в яких реалізується текучість матеріалів із складною реологією в умовах складного навантаження, потребують нових розробок, вивчення та вдосконалення. Широке використання знаходять вібраційні та віброударні технологічні процеси, а також обладнання для їх реалізації [1–3]. Встановлено, що прикладання до об'єктів обробки корисних вібрацій або ударних імпульсів дозволяє значно інтенсифікувати протікання ряду технологічних процесів, забезпечити оптимальність параметрів навантаження і одержати виріб з високими якісними параметрами. Зокрема, при пресуванні заготовок виробі з порошкових матеріалів (карбідів, боридів тощо) середня щільність і рівнощільність по об'єму заготовок збільшується на 60–70 % в умовах безвідходного виробництва. Тому до вібраційного обладнання для формоутворення заготовок з порошкових матеріалів висуваються підвищені вимоги. Воно повинно мати порівняно просту конструкцію, високу надійність, низькі металоємність і енергоємність та забезпечувати якість формованого виробу.

Метою роботи є підвищення ефективності технологічних процесів формоутворення заготовок з порошкових матеріалів, за допомогою розробки перспективних математичних моделей вібропресового обладнання з гідроімпульсним приводом.

II ВИКЛАДЕННЯ МАТЕРІАЛУ

Для реалізації віброударного пресування (ВУП) порошкових матеріалів застосовується спеціальне обладнання. Це обумовлено різними варіантами рекомендованих схем навантаження заготовки при обробці, і різноманіттям типів приводів механізмів генерування вібрацій, чи вібробуджувачів. Перспективним є застосування інерційних вібропрес-молотів (ІВПМ) з гідроімпульсним приводом (ГІП), що обумовлене простотою конструкції, компактністю, високою енергоємністю, широким діапазоном регулювання робочих параметрів та можливістю роботи в автоматизованому режимі.

II.1. СИСТЕМОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

У Вінницькому національному технічному університеті на замовлення Броварського заводу порошкової металургії (Україна) був створений новий тип гідравлічних ІВПМ [2] (рис. 1). Новий тип обладнання враховує усі вимоги, що висуваються до способу формоутворення заготовок з карбідокремнієвих порошкових матеріалів.

Особливість даної машини – наявність рухомої траверси 6 із змінним інерційним вантажем 5, що інтенсифікує процес ущільнення заготовки 4. В осьовій розточці станини 1 розміщений плунжер 2 виконавчої ланки, зв'язаного зі станиною 1 елементами пружного повернення 3. Направляючі колони 9 рухомої траверси 6 пропущені в розточці станини 1, а на нижній поперечині 10 закріплені циліндр 11 установочних переміщень. В залежності від вимог технології на машині, створеній по такій схемі, можна забезпечити вібраційний або віброударний режим пресування порошкових матеріалів. Режими пресування визначаються умовами взаємодії рухомих елементів самої машини, а також способом підключення і налагодження клапана–пульсатора 7 і гідроаккумулятора 8 ГІП.

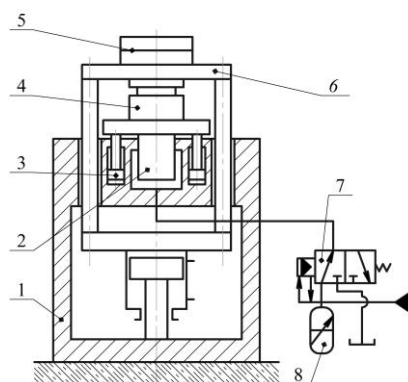


Рис.1. Конструктивна схема інерційного вібропрес-молота

У досліджуваному технологічному комплексі для віброударного пресування ми можемо виділити три основні взаємопов'язані системи: об'єкт обробки (система I), робочий процес (система II) і машина (система III), які об'єднуються в загальну систему технологічного комплексу [4] (рис. 2).

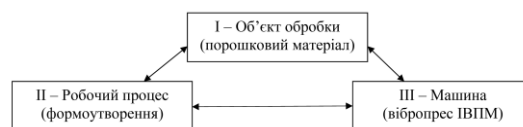


Рис. 2. Схема технологічного комплексу віброударного пресування вібропрес-молота

У випадку з ІВПМ об'єктом обробки є порошковий матеріал, який проявляє властивості метасистеми. Для

останньої визначення проміжних станів в часі є складною і не завжди здійсненою задачею. Тому систему I необхідно подати у вигляді двох підсистем I.1 та I.2, що характеризують, відповідно, початковий (навішування порошкового матеріалу) та кінцевий (заготовка виробу) стани об'єкта обробки.

Система II функціонально залежить від системи I і являє собою технологічний процес пресування. Даний процес описується двома підсистемами II.1 та II.2, що встановлюють спосіб ВУП та прийнятий основний режим його реалізації.

Вибір системи III визначають системи I та II. Системою III є ІВПМ, який ділиться на підсистеми ГПП (III.1), рухомих ланок (III.2), вібробуджувача (III.3) і прес-форми (III.4). Згідно з системним підходом кожна з виділених підсистем може бути поділена на ланки. Оскільки при створенні власне ІВПМ задачі проектування ГПП та його вібробуджувача розв'язуються лише у загальному вигляді, а прес-форма складається з двох основних деталей – матриці і пунсона, на блок-схемі достатньо вказати лише підсистему III.2, яка містить станину з фундаментом (ланка III.2.1), вібростіл (основна робоча ланка III.2.2) і допоміжну робочу ланку III.2.3.

Використовуючи системний підхід при подальшому аналізі проєктованого вібропресового обладнання, можна виділити і внутрисистемні функціональні зв'язки. Функціональні зв'язки складових систем I та II вібропресового обладнання в аналітичній формі являє собою математичну модель робочого процесу ВУП.

II.2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Задача прийняття рішення щодо оцінювання ефективності функціонування всього технологічного комплексу полягає у виборі адекватного рішення N з множини рішень: Z_j ($j = \overline{1, J}$). Пропонується вибір здійснювати за допомогою оцінок ефективності функціонування технологічного комплексу на основі множини X оцінювальних параметрів: x_i ($i = \overline{1, n}$, $n \in N$). Особливість математичної моделі полягає у тому, що вона враховує множину початкових вхідних параметрів: $K = (k_c)$ ($c = \overline{1, C}$). Множину оцінювальних параметрів системи: $X = (x_i)$ ($i = \overline{1, n}$). Функцію перетворення початкових параметрів на оцінювальні: $F_1: K \rightarrow X$. Множину декомпозиційних функцій згортання параметрів, за якими здійснюється ідентифікація стану системи: $D = (Y, \dots, S, P)$.

Для отримання результату щодо оцінювання ефективності функціонування процесу формоутворення при прийнятті рішення, виходячи з початкових вхідних оцінювальних параметрів K , необхідно реалізувати вище вказані функції в такій послідовності: $K \xrightarrow{F_1} X \xrightarrow{D} Z_j$.

Для визначення остаточної оцінки стану технологічного комплексу Z_j запропоновано враховувати комбінацію складних функцій – параметрів P_1, \dots, P_q – стану, що оцінюють групи показників вищого рівня ієрархії [5, 6]:

$$Z_j = F(P_1, P_q)$$

(1)

У свою чергу, вхідними даними для обчислення складних параметрів P_1 та P_q є сукупність параметрів, що оцінюють певні групи показників (S_1, \dots, S_p), тобто:

$$P_1 = F(S_1, \dots, S_l), P_q = F(S_e, \dots, S_p),$$

(2)

де $t, e, p \in M$, а M – множина функціоналів узагальнюючих параметрів P -го рівня.

Складні параметри передостаннього рівня (Y_1, \dots, Y_m) є функціями від відповідних оцінювальних параметрів x_i стану:

$$Y_1 = f(x_1, \dots, x_l), \dots, Y_m = f(x_k, \dots, x_n),$$

(3)

де $l, k, n \in N$, а N – множина вихідних параметрів.

При цьому оцінювальні параметри x_i визначаються на базі множини початкових вхідних параметрів K і функції перетворення:

$$F_1: X = F_1(K), K = (k_c), c = \overline{1, C}; X = (x_i), i = \overline{1, n}$$

Виходячи зі складених функцій (1)–(3), необхідно сформуванати множину X відповідних параметрів для оцінювання ефективності функціонування всього технологічного процесу. Ця множина формується за допомогою множини початкових вхідних K параметрів (k_1, \dots, k_e), де $e \in N$.

Запропоновано таку загальну структурну модель (рис. 3) оцінювання ефективності функціонування процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом [2].



Рис. 3. Загальна структурна модель процесу оцінювання ефективності процесу формоутворення заготовок на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом

$$A_3 = \sum_{s=1}^d k_{ns} \cdot Z_s, \quad (4)$$

де k_{ns} – компетентність s -го експерта; Z_s – значення параметра, надане s -м експертом.

Визначаємо множину вихідних параметрів $Z=(Z_1, \dots, Z_j)$ за критеріями повноти та дієвості, що в повній мірі дозволяє задовольнити потреби споживачів цієї системи [3, 6]. Розглянемо кожне з Z_j ($j=\overline{1,3}$) рішень: Z_1 – відмінний; Z_2 – нормальний; Z_3 – задовільний; Z_4 – критичний; Z_5 – незадовільний.

Для побудови методу оцінювання стану технологічного комплексу на основі нечітких визначимо множину T оцінювальних лінгвістичних термів, що являє собою сукупність значень лінгвістичних змінних. У нашому випадку лінгвістична змінна це – ефективність технологічного комплексу (заготовка – робочий процес – машина) (див. рис. 1). Для багатьох задач, що розв’язуються в межах людино машинних систем, точність отриманого розв’язку щодо рівня працездатного стану системи дозволяє ідентифікувати достатність:

– трьох – Н (низький), С (середній), В (високий) ($T=3$);

– п’яти лінгвістичних термів – Н (низький), НС (нижче середнього), С (середній), ВС (вище середнього), В (високий) ($T=5$).

Саме така кількість T дозволяє оптимізувати (як за критерієм часу, так і за складністю) роботу експертів. Далі задаємо поліномні функції належності μ^{Z_j} , $j=\overline{1,J}$ значень параметрів (x_1, \dots, x_9) лінгвістичним термам:

$$\mu^{HC}(x) = \begin{cases} \left(\frac{x-a}{b-a}\right)^{1,2}, & x \in [a,b]; \\ 1, & x \in (b,b_1); \\ \left(\frac{k_1-x}{k_1-b_1}\right)^{0,8}, & x \in [b_1,k_1], \end{cases}$$

$$1 \quad \mu^C(x) = \begin{cases} \left(\frac{x-a}{c-a}\right)^{1,2}, & x \in [a,c]; \\ 1, & x \in (c,c_1); \\ \left(\frac{k_1-x}{k_1-c_1}\right)^{0,8}, & x \in [c_1,k_1], \end{cases}$$

$$2 \quad \mu^{BC}(x) = \begin{cases} \left(\frac{x-a}{d-a}\right)^{1,2}, & x \in [a,d]; \\ 1, & x \in (d,d_1); \\ \left(\frac{k_1-x}{k_1-d_1}\right)^{0,8}, & x \in [d_1,k_1]. \end{cases}$$

$$\mu^B(x) = \begin{cases} \left(\frac{x-a}{k-a}\right)^{1,2}, & x \in [a,k]; \\ 1, & x \in (k,k_1]. \end{cases}$$

де $a, a_1, b, b_1, c, c_1, d, d_1, k, k_1$ – значення характеристичних точок, які визначаються власним баченням залучених експертів.

Агреговане значення параметрів a_j, \dots, k_i для кожного з показників визначаємо за формулою:

Для отримання більш точної оцінки ефективності процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом піднесено поліномні функції належності $\mu(x_i)$ до степеню α_i .

Тоді значення функцій належності, набувають вигляду:

$$\mu^{Z_j}(x_i) = \mu^{Z_j}(x_i)^{\alpha_j}, \quad j=\overline{1,\dots,J} (J=5), \quad i=\overline{1,\dots,n} (n=16). \quad (5)$$

Остаточним результатом є найбільше зі значень функцій належності μ^{Z_j} , тобто:

$$\mu^{Z_j} = \max\{\mu^{Z_1}, \mu^{Z_2}, \mu^{Z_3}, \mu^{Z_4}, \mu^{Z_5}\}. \quad (6)$$

Екстремальне значення поліномних функцій належності (6) для множини вихідних параметрів $Z=(Z_1, \dots, Z_j)$ характеризує оптимальність груп Y_1, \dots, Y_3 параметрів ефективності функціонування технологічного комплексу за критеріями повноти та дієвості.

Розглянемо результати теоретичного дослідження технологічного процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на базі представленого математичного методу оцінки ефективності технологічного процесу на базі вібраційного і віброударного обладнання. У якості зразка порошкового матеріалу досліджуваного технологічного процесу було обрано мінеральний порошок НЕФ (вологістю 13 %, зв’язка жирова (3,2 %) [4]. Для отримання залежностей характеристик досліджуваного технологічного процесу головним критерієм для оцінювання методу формоутворення обираємо якість заготовки.

П.3 РЕЗУЛЬТАТИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

На основі вищевказаних розроблених моделях нечітких множин був розроблений алгоритм [1, 4] по визначенню середньої щільності заготовки для трьох видів режимів обробки ВУП (рис. 4), який залежить від зміни енергії одноциклового гідроакумулятора E_a , а також від частоти вібрацій заготовки f .

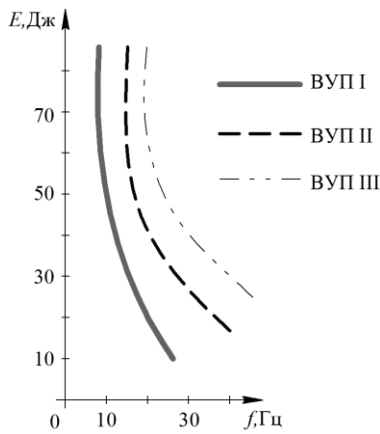


Рис. 4. Загальна структурна модель процесу оцінювання ефективності процесу формоутворення заготовок на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом

Даний алгоритм був реалізований на ЕОМ, результати розрахунку якого представлені на рисунку 5. Результатом розрахунку ми отримали графік (рис. 5) залежності зміни середньої щільності заготовки в залежності від: статичного навантаження заготовки – P , МПа; частоти вібрацій заготовки – f , Гц; енергії одноциклового гідроаккумулятора E_a , Дж; нерівнощільності заготовки – ε_p , %.

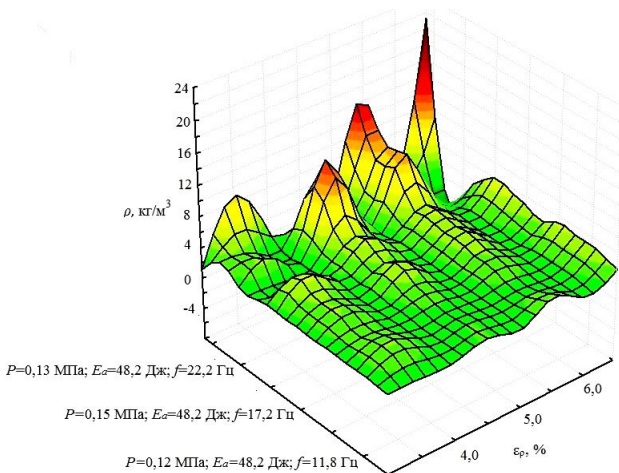


Рис. 5. Графік зміни середньої щільності отриманої заготовки з оброблювальних матеріалів в залежності від зміни технологічних параметрів ВУП

Для матеріалу з мінеральних порошоків М1 сукупність оптимальних технологічних показників знаходяться в режимі ВУП-І становлять для середньої щільності матеріалу $\rho=2,3$ кг/м³ для нерівнощільності $\varepsilon_p=6,5$ %.

Аналіз матриці знань для оцінювання груп параметрів (Y_1, \dots, Y_3) якісних характеристик досліджуваних матеріалів засвідчив, що оптимальними технологічними параметрами обробки матеріалів М1 є тиск $P=0,12$ МПа. Проте слід відзначити зростання

досліджуваних показників середньої щільності та нерівнощільності оброблюваного матеріалу при збільшенні енергетичних характеристик обробки та зменшення частоти технологічного впливу.

Також значення якісних параметрів матеріалу М1 (щільності та нерівнощільності оброблюваного матеріалу) за умови режиму роботи $P=0,12$ МПа; $E_a=85,8$ Дж; $f=8,2$ Гц супроводжується значними енерговитратами за умови зниження якісних характеристик.

Змінюючи величину енергії E_a у межах конкретного режиму ВУП можна забезпечити зменшення або збільшення середньої щільності зразка з будь-якого вказаного порошкового матеріалу, до його недопресовування або перепресовування [1, 3, 5]. Для постійної величини енергії E_a збільшення тривалості процесу ВУП дозволяє збільшувати середню щільність заготовок тільки до визначеної межі. Подальше збільшення середньої щільності зразка практично залишається незмінним, а якість помітно знижується в результаті перепресовування і руйнування.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано процес формоутворення заготовок з порошкових матеріалів і визначено збільшення середньої щільності заготовок на 60–70 %, відносно статичного пресування, вібраційним і віброударним способом обробки на основі розробленої структури вібропресових формувальних машин, типів приводів та їх характеристик.

2. На основі системного підходу і складених множин конструктивних параметрів технологічного обладнання розроблена математична модель визначення середньої щільності заготовки. Показано, що вона представляє собою множину початкових вхідних конструктивних і оцінювальних технологічних параметрів (заготовка, робочий процес, машина) і функцій перетворення початкових параметрів на оцінювальні функції. На основі множин оцінювального параметру отримані поліномні функції належності для оцінки характеристик функції віброударного режиму навантаження процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів.

3. За допомогою екстремуму масиву значень функцій належності, як критерію повноти та дієвості, для множин середньої щільності заготовки із чотирьох зразків порошкових матеріалів було обрано ефективні режими віброударного навантаження. Для заготовок типу – мінеральний порошок НЕФ (вологістю 13 %, зв'язка жирова 3,2 %), і мінеральний порошок НЕФ (вологістю 2 %, зв'язка відсутня) – віброударний режим типу І (середня енергія гідроаккумулятора $E_a=55,3$ Дж, частота вібрацій заготовки – $f=11,2$ Гц);

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] F. H. Harlow, J. E. “Welch Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow of fluid with free surface” in *Phys. Fluids*, 1965. vol. 8, n.12. pp. 2182 – 2189.

- [2] Rostislav Iskovich-Lototsky, Ivan Kots, Yaroslav Ivanchuk, Yevheniy Ivashko, Konrad Gromaszek, Assel Mussabekova, Mashat Kalimoldayev. "Terms of the stability for the control valve of the hydraulic impulse drive of vibrating and vibro-impact machines" // *Przegląd Elektrotechniczny*. – 2019. Vol. 4, no. 19. – P. 19-23. doi: 10.15199/48.2019.04.04.
- [3] F. Menter, M. Kuntz, R. Langtry, "Ten years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model" in *Turbulence, Heat and Mass Transfer 4*, Begell House, Inc., 8 p.
- [4] R. D. Iskovych–Lototsky, Y. V. Ivanchuk, Y. P. Veselovsky, "Simulation of working processes in the pyrolysis plant for waste recycling" in *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies. Engineering technological systems*. 2016. Vol. 1, № 8 (79). pp. 11–20. doi: 10.15587/1729-4061.2016.59419.
- [5] R. D. Iskovych–Lototsky, O. V. Zelinska, Y. V. Ivanchuk, N. R. Veselovska, "Development of the evaluation model of technological parameters of shaping workpieces from powder materials" in *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies. Engineering technological systems*. 2017. Vol. 1, № 1(85). pp. 9–17. doi: 10.15587/1729-4061.2017.59418.
- [6] Rostislav D. Iskovych-Lototsky, Yaroslav V. Ivanchuk, Natalia R. Veselovska, Wojciech Surtel, Samat Sundetov. "Automatic system for modeling vibro-impact unloading bulk cargo on vehicles" in *Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, 2018, 1080860 (1 October 2018). doi: 10.1117/12.2501526

Використання Проактивного Підходу В ІТ-Проектах

Олена Кальніченко
кафедра технологій управління
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Київ, Україна
kv_vl@ukr.net

Use of Proactive Approach In IT Projects

Olena Kalnichenko
Department of Technology Management
Taras Shevchenko National University of Kyiv
Kyiv, Ukraine
kv_vl@ukr.net

Анотація—розглядаються причини підвищення складності реалізації ІТ-проектів під дією факторів турбулентного зовнішнього середовища. Для вирішення питань, пов'язаних з управлінням проектами за таких умов запропоновано два підходи. Інтегрований погляд на процеси управління проектами, процеси створення продукту, процеси управління організаціями-учасниками проекту та процеси взаємодії з зовнішнім оточенням. А також, використання проактивного управління в якості превентивних заходів.

Abstract—The reasons for increasing the complexity of the implementation of IT projects under the influence of factors of a turbulent external environment are considered. In order to address project management issues under such conditions, two approaches have been proposed. Integrated view of processes of project management; processes associated with product creation; management processes of the organization that implements the project and processes of interaction with the external environment. And the use of proactive management as a preventive measure.

Ключові слова—проактивне управління; впливи; турбулентне зовнішнє середовище; невизначеність.

Keywords— proactive management; impacts; turbulent external environmen; uncertainty.

I. ВСТУП

Питання підвищення ефективності управлінських рішень не перестає бути актуальним, оскільки сучасний бізнес стикається з надскладними задачами, які необхідно вирішувати в найкоротші терміни. Це важливо як для

реалізації проектів так і для функціонування та розвитку бізнесу в сучасних умовах стрімкого розвитку технологій, переходу до цифрової економіки, глобалізації, складної динаміки ринку та підвищення конкуренції, тощо.

Все це та багато інших факторів визначають специфіку зовнішнього оточення, яке набуває все більш турбулентний характер. За відсутності стабільності та стійкості, з частими різкими змінами параметрів та кризовими станами зовнішнє середовище стає майже непрогнозованим та важкозрозумілим. За умов такої хаотичності зовнішнього середовища впливи на організації та проекти збільшуються, посилюються та прискорюються. При цьому визначити найбільш прийнятну реакцію на такі впливи стає важко, оскільки темпи зміни зовнішнього середовища зростають. І на момент прийняття рішення ситуація може різко змінитися. Крім того, практично не має можливості використовувати позитивний досвід минулих ситуацій, тому що зовнішнє середовище вже змінилось і застосування старих перевірених рішень не враховує особливостей нового стану середовища та може навпаки дати вкрай негативні наслідки.

Сьогодні свою основну діяльність організації здійснюють завдяки реалізації проектів. Практично у всіх сферах діяльності та проектах активно використовуються різного роду інформаційні технології. Якщо розглядати ІТ-проекти, то їх складність зростає з кожним роком. При цьому в багатьох випадках саме управлінські рішення визначають успіх майбутнього продукту на ринку та гарантують повернення інвестицій. Складність проектів пояснюється впливами нестабільного зовнішнього

середовища, інтересами зацікавлених сторін, які часто можуть бути територіально розподілені або працювати у віртуальних командах, використанням складних та інноваційних технологій, обмеженим терміном створення продукту проекту, тощо.

II. АНАЛІЗ ОСТАНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Особливості управління організацією і проектами в умовах турбулентного зовнішнього середовища, а також застосування проактивних методів управління розглядалися в багатьох наукових роботах, в тому числі в [1-7]. Однак залишається ще безліч питань щодо можливостей проактивного підходу, що потребує подальшого дослідження.

Тому метою статті є пошук шляхів використання проактивного управління для створення дієвого інструменту управління інформаційними впливами та змінами, мінімізації небажаних відхилень та активізації потенційних можливостей в IT-проектах, враховуючи фактори турбулентного середовища.

III. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТІРІАЛУ

Для вирішення поставленої задачі, в умовах турбулентного зовнішнього оточення, в IT-проектах доцільно розглядати інтегровану систему «Продукт-Проект-Організація» [8], тобто використати холистичний підхід. При цьому процеси створення продукту, процеси управління проектом та процеси управління організаціями, що приймають участь у проекті, розглядаються як підсистеми. В свою чергу зовнішнє середовище можна визначити як надсистему [9], яка визначає умови існування зазначеної системи та її підсистем.

Зовнішнє середовище може бути представлено як багатосарова модель [1]. Для організацій-учасників проекту воно складається з політико-правових, економічних, технологічних, соціокультурних, міжнародних, природних та екологічних, інфраструктурних факторів та «ділового оточення». Для проекту до цього додається ще й середовище організації, які безпосередньо приймають участь в даному проекті.

Неоднозначність та висока невизначеність зовнішнього оточення в наслідок його складності призводить до появи складних інформаційних впливів на організації та проекти. В наслідок таких впливів спостерігається реакція організацій та проектів, що породжує нові впливи та нові реакції. Враховуючи це, можна зробити висновок, що управління інформаційними впливами та змінами, які є наслідком цих складних впливів, потребує новітніх підходів.

Насамперед пропонується інтегрований погляд на зазначені підсистеми, який дозволяє:

- враховувати всі типи зв'язків як в рамках окремої підсистеми, так і зв'язки між підсистемами, що значно відбивається на сприйнятті інформаційних впливів, їх інтерпретуванні та формуванні реакції на них;

- відслідковувати реакцію окремої підсистеми на зовнішні впливи. При цьому слід розрізнити реакцію підсистеми, яка спрямована на стабілізацію власних відхилень та реакцію у вигляді інформаційних впливів на інші підсистеми;
- відслідковувати «ланцюгову» реакцію на зовнішні інформаційні впливи між зазначеними підсистемами.

Також дієвим інструментом забезпечення відповідності проекту заданим цілям та критеріям може стати концепція проактивного управління, яка полягає у розумінні наступних принципів:

- кількість факторів зовнішнього середовища, як джерела інформаційних впливів, їх взаємопов'язаність та швидкість їх зміни буде лише збільшуватись;
- сила впливів та напруження на систему «Продукт-Проект-Організація» зростатимуть;
- отримання повної інформації про всі фактори зовнішнього середовища, їх потенційні зміни та ймовірність певного розвитку подій майже неможливо;
- складність інтерпретації інформації зростатиме;
- ймовірність несприйняття/ігнорування системою інформації та нездатність класифікувати її як потенційну проблему буде збільшуватись;
- підвищення інтернальності (рівня суб'єктивного контролю – свідоме прийняття відповідальності за всі процеси, події та результати) це шлях до ефективного управління в умовах турбулентного оточення.

Оскільки система «Продукт-Проект-Організація» піддається впливам (інформаційним впливам) зовнішнього середовища, то вона змінює свої параметри і поведінку. Іноді це може мати вкрай негативні наслідки. Тому так важливо розуміти які саме будуть впливи (їх частота та сила), чутливість системи, її стійкість та граничні умови, а також яким чином відреагує система на ті чи інші інформаційні впливи.

Всі впливи можна розділити на дві групи: впливи зовнішнього середовища (збурюючі впливи) та впливи, які відбуваються в рамках однієї підсистеми чи між підсистемами (керуючі або збурюючі впливи). Також слід зазначити, що зовнішнє середовище характеризується не лише турбулентністю, а й значним ступенем невизначеності.

Прийняття рішень щодо реакції на будь-які зміни в процесі реалізації проекту відбувається в умовах невизначеності, яку не слід ототожнювати з випадковістю, а необхідно розглядати як нечіткість або розпливчастість [10]. Невизначеність пояснюється частими іноді не зрозумілими змінами факторів зовнішнього середовища та тісно пов'язана з турбулентністю середовища. Іншими словами складність зовнішнього середовища в багатьох випадках

пояснюється нерозумінням процесів, які в ньому відбуваються.

За таких умов реактивний підхід через управління змінами, як реагування на негативні події, може виявитись занадто пізнім заходом та суттєво не вплине на покращення ситуації. В цьому випадку проєкт буде мати значні відхилення по своїм основним параметрам. Тому

реалізація ІТ-проєктів в умовах невизначеності (нечіткості/розпливчастості) та турбулентності потребує проактивного підходу (рис. 1), який спрямований на виявлення потенційних проблем та ризиків та недопущення їх проявів. Складність цього полягає у значних витратах та зусиллях щодо аналізу ситуації: виявлені так званих «слабких» сигналів та їх інтерпретуванні.

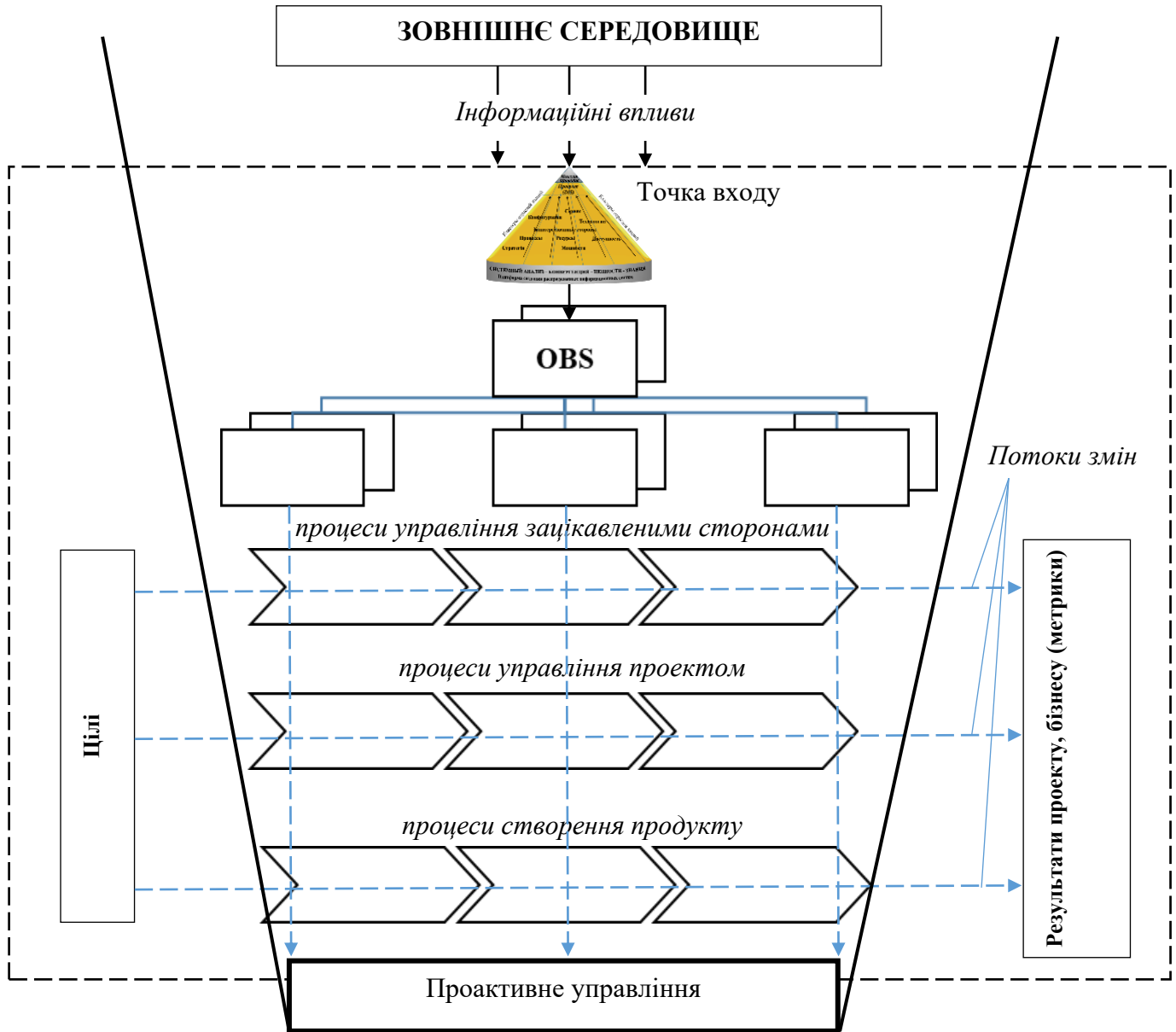


Рис. 1. Проактивне управління в системі «Продукт-Проект-Організація».

Точкою входу в даному випадку є певний фільтр, який інтерпретує інформацію, що потрапляє з зовнішнього середовища до системи. В ролі такого фільтру для запропонованої системи «Продукт-Проект-Організація» виступає модель «конус+», яка розглянута в [11]. Ця модель є платформою для реалізації складних розподілених ІТ-проєктів, яка інтегрує

технології створення сучасного ІТ-продукту та технології управління ІТ-проєктом, синтезує при цьому нові рішення для досягнення найкращих результатів.

Саме ефективне «налаштування» цього фільтру надасть чітке та об'єктивне розуміння ситуації. Таке «налаштування» можливо завдяки урахуванню

сінергетичного ефекту в системі «Продукт-Проект-Організація» та конвергенції технологій створення ІТ-продукту, управління проектами та управління організаціями. Схожі фільтри є на вході кожної організації та визначають її здатність адекватно сприймати зовнішнє середовище та себе у цьому середовищі, реагувати на зовнішні впливи та визначати напрямки розвитку.

Проактивне управління є важливим компонентом для функціонування моделі «конус+» та виступає в ролі «прожектора», який надає можливість: - сканувати процеси, що відбуваються в зовнішньому середовищі та в системі «продукт-проект-організація»:

- ідентифікувати події/сигнали що змушують насторожитись, певна послідовність (поєднання) яких може привести до відхилень. Для проактивного управління цікавим є саме цей тип подій, який відноситься до поняття «слабкі сигнали»;
- оцінка сигналів (прогнози і аналіз тенденцій) та розробка сценаріїв подальшого розвитку ситуації.
- прийняття рішень та реалізація управлінських впливів (змін) для локалізації небажаних наслідків від дії негативних для проекту впливів.

Враховуючи вищесказане, концепція проактивного управління має містити наступні процеси:

- аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища проекту, в тому числі управління подіями;
- управління очікуваннями – формування бажаного бачення у зацікавлених сторін;
- управління можливостями – створення нових можливостей;
- управління стійкістю – створення умов для підвищення здатності елементів системи протистояти зовнішнім впливам;
- управління адаптивністю – управління властивостями пристосування до змін умов існування, саморозвитку, самоорганізації;
- управління інформацією – вхідною, вихідною та внутрісистемною;
- управління взаємовідносинами між зацікавленими сторонами проекту;
- управління впливами – управління взаємозв'язками, сприйняттям та інтерпретацією інформації суб'єктами для формування їх реакції та поведінки.

IV. Висновки

Основними результатами дослідження є:

1. Обґрунтування доцільності інтегрованого підходу до аналізу реалізації ІТ-проектів через систему «Продукт-Проект-Організація»

2. Виявлення принципів функціонування інтегрованої системи «Продукт-Проект-Організація» в умовах турбулентного зовнішнього середовища, які полягають у розумінні подальшого зростання складності та інтенсивності інформаційних впливів.
3. Визначення поняття точки входу як певного фільтру для сприйняття та інтерпретації інформаційних впливів. А також визначення задач налаштування таких фільтрів.
4. Визначення місця проактивного управління в інтегрованій системі «Продукт-Проект-Організація» та формулювання засад концепції проактивного управління в якості основних процесів.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Journal of Enterprise Technologies. № 43/2 (94), pp. 6-15. 2018. Н.Н. Талєб, “Чорний лебедь. Под знаком непредсказуемости.” [Текст] / Н.Н. Табел. – изд. 2-е, доп. – Москва: [б.и.], 2017, - 735с.
- [2] Г. П. Журавлєва, Н. В. Манохина. (2013). Новые правила игры в условиях экономической турбулентности [Электронный ресурс]. Режим доступа:
- [3] <https://cyberleninka.ru/search?q=%D0%96%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%91%D0%B2%D0%B0%20%D0%93%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0%20%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0>
- [4] Ervin Laszlo, “The Age of Bifurcation. Understanding the Changing World,” © 1991, OPA (Amsterdam) B.V.
- [5] І. В. Кононенко, С. Ю. Луценко “Метод вибору підходу до управління проектами на основі нечітких уявлень,” в Вісник НТУ «ХП». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – № 2 (1224). – С. 8–17. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2311-4738
- [6] Н. Бушуєва, “Модели и методы проактивного управления программами организационного развития,”: монографія. – К.: Наук. світ, 2007. – 199с.
- [7] Р. Руденский, “Антисипативное управление сложными экономическими системами: модели, методы, инструменты,”: монографія / Р. Руденский: [научн. ред проф. Ю.Г. Лысенко]. – Донецк: Юго-Восток, 2009. – 257 с.
- [8] В. М. Молоканова, “Аналіз синергетичних аспектів адаптації організації до змін зовнішнього середовища через портфель проектів,” Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 5/3 (77), С. 4-10. 2015.
- [9] В.В. Морозов, О.В. Кальніченко, “Дослідження моделей взаємодії процесів в ІТ-проектах на основі проактивного підходу,”. Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. Харків: ХП, ч.2, с. 20-28. 2019.
- [10] В.Н. Волкова, “Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалаврата,” / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2011. – 616 с.
- [11] В. Г. Чернов, “Основы теории нечетких множеств,”: учеб. пособие / В.Г. Чернов; Владим. гос. ун-т.- Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 96 с. – ISBN 978-5-9984-0055-1.
- [12] [11] V. Morozov, O. Kalnichenko, S. Bronin. “Development Of The Model Of The Proactive Approach in Creation Of Distributed Information Systems,” Eastern-European

Забезпечення Безпеки В Кібернетичному Просторі

Володимир Хорошко
кафедра безпеки інформаційних
технологій
Національний авіаційний
університет
Київ, Україна
professor_va@ukr.net

Юлія Хохлячова
кафедра безпеки інформаційних
технологій
Національний авіаційний
університет
Київ, Україна
hohlachova@gmail.com

Ахмад Аясрах Расмі Алі
кафедра безпеки інформаційних
технологій
Національний авіаційний
університет
Київ, Україна
ahmadaesr@gmail.com

Ensuring Security In Cyberspace

Volodymyr Khoroshko
Department of information
technology security
National aviation university
Kyiv, Ukraine
professor_va@ukr.net

Yuliia Khokhlachova
Department of information
technology security
National aviation university
Kyiv, Ukraine
hohlachova@gmail.com

Ahmad Ayasrah
Department of information
technology security
National aviation university
Kyiv, Ukraine
ahmadaesr@gmail.com

Анотація—Забезпечення безпеки в кібернетичному просторі є одним з основних факторів, що впливає на кібербезпеку. Необхідність вжиття заходів щодо нейтралізації загроз національній безпеці в кіберпросторі обумовлена стрімким зростанням залежності державних і комерційних структур від використання різних автоматизованих інформаційно-керуючих систем, а також високим рівнем їх уразливості. Потенційна можливість прихованого кібервпливу на об'єкти критичних інфраструктур ключових секторів економіки, від стану яких залежить безпека держави і суспільства, з метою порушення їх працездатності або виведення з ладу викликає серйозну стурбованість. Результатом такого впливу може стати дезорганізація роботи цих життєво важливих галузей, яка веде до хаосу в економіці, масових заворушень, зниження промислового і оборонного потенціалу, деморалізації населення тощо. При цьому вразливість держави в кіберпросторі визначається в основному відсутністю досить ефективних механізмів, здатних протистояти реалізації вороже налаштованими стосовно до держави особами та організаціями існуючих і прогнозованих загроз даній сфері. При аналізі дій в кіберпросторі необхідно враховувати наступні фактори: кібератаку, кіберввторгнення, кібербезпеку, кіберзлочини, кіберрозвідку і кіберпропаганду.

Abstract—Ensuring security in cyber space is one of the main factors affecting cybersecurity. The need to take measures to neutralize threats to national security in cyberspace is due to

the rapid growth of the dependence of state and commercial structures on the use of various automated information management systems, as well as the high level of their vulnerability. The potential possibility of hidden cybersecurity on critical infrastructures of key sectors of the economy, from the state of which the security of the state and society depends on, in order to disrupt their ability to work or disablement, is a matter of grave concern. The result of such influence may be the disruption of the work of these vital sectors, which leads to chaos in the economy, mass riots, the decline of industrial and defense potential, demoralization of the population, etc. At the same time, the vulnerability of the state in cyberspace is determined mainly by the lack of very effective mechanisms that can withstand the implementation of hostile attitudes towards the state by individuals and organizations of existing and projected threats in this area. When analyzing actions in cyberspace, the following factors need to be considered: cyberattack, cyberbullying, cybersecurity, cybercrime, cyber intelligence.

Ключові слова—забезпечення безпеки, кіберпростір.

Keywords— security, cyber space

I. ВСТУП

Одним з основних факторів, що безпосередньо впливає на національну безпеку держави в цілому,

вважається забезпечення безпеки в кібернетичному просторі (кібербезпека) [1].

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

На думку фахівців, необхідність вжиття заходів щодо нейтралізації загроз національній безпеці в кіберпросторі обумовлена, перш за все, стрімким зростанням залежності державних і комерційних структур від використання різних автоматизованих інформаційно-керуючих систем, а також високим рівнем їх уразливості.

Серйозну стурбованість викликає потенційна можливість прихованого кібервпливу на об'єкти критичних інфраструктур ключових секторів економіки, від стану яких залежить безпека держави і суспільства, з метою порушення їх працездатності або виведення з ладу. Результатом такого впливу може стати дезорганізація роботи цих життєво важливих галузей, яка веде до хаосу в економіці, масових заворушень, зниження промислового і оборонного потенціалу, деморалізації населення тощо. При цьому вразливість держави в кіберпросторі визначається в основному відсутністю досить ефективних механізмів, здатних протистояти реалізації вороже налаштованими стосовно до держави особами та організаціями існуючих і прогнозованих загроз даній сфері [2].

При аналізі дій в кіберпросторі необхідно враховувати наступні фактори: кібератаку, кібервторгнення, кібербезпеку, кіберзлочини, кіберрозвідку і кіберпропаганду. При цьому слід зазначити, що найбільш важливими факторами є кіберрозвідка і кіберпропаганда.

Інформаційна взаємодія в державі забезпечується рядом комп'ютерних мереж обміну даними з різними рівнями секретності, побудованих на основі технологічних принципів Інтернет.

При цьому для передачі несекретної інформації використовується мережа, яка безпосередньо пов'язана з державною комп'ютерною мережею через кілька особливо контрольованих шлюзів [5].

Обмін даними в цих мережах між об'єктами здійснюється по волоконно-оптичним лініям зв'язку з високою пропускнуною спроможністю, а з об'єктами в яких відсутня закрита інформація, широко використовуються ресурси Інтернет. Все це створює умови для доступу до інформаційних ресурсів закритих відомчих мереж зловмисниками, що володіють різними апаратно-програмними засобами блокування або обходу систем захисту [4]. Крім того, не дивлячись на ряд обмежень, що вводяться, відбувається витік службової інформації при використанні одних і тих же переносних службових та особистих комп'ютерів, що мають вихід в Інтернет. За оцінками фахівців в області інформаційної безпеки, найбільш ймовірними джерелами загроз для інформаційно-керуючих систем є спецслужби інших держав, терористичні і злочинні угруповання, промислово-фінансові групи, хакери, а також особи,

допущені до роботи з системами в порядку службової діяльності. Крім цього, використання в державних і силових структурах продукції іноземних виробників і розробників створює проблеми підвищеного ризику впровадження програмно-математичних закладок в офіційно постачальні апаратно-програмні засоби в місцях їх розробки, виробництва, обслуговування, розподілу і реалізації [3]. Слід зазначити, що кібернетичний простір стає сферою і простором протистояння, аналогічним на землі, воді і космосі, а також політиці, економіці тощо. З одного боку, кіберпростір вже став областю різних протиправних дій окремих особистостей і різних національних і міжнародних кримінальних і терористичних угруповань.

III. ВИСНОВКИ

Провідні країни світу і міжнародні організації в останні роки різко підвищили інтерес як до проблем власної безпеки, так і проблем створення активних наступальних кібернетичних засобів. У відкритій пресі відзначається зростання активності спецслужб в кіберпросторі. Дуже багато звинувачень з боку різних країн звучить на адресу США, Великобританії, Китаю та Росії щодо "розкриття" різних інформаційно-комп'ютерних систем і мереж. Зазначене свідчить про реалію "кіберпротистояння" і підштовхує країни створювати різні спеціальні національні органи з кібербезпеки, вкладати великі гроші в розробку кібернетичної зброї тощо.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Горбулін В.П., Биченюк М.М. Проблеми захисту інформаційного простору України. – К.: Інтертехнологія, 2009. – 136 с.
- [2] Гришук Р.В., Даник Ю.Г. Основи кібернетичної безпеки. – Житомир: ЖНАЕУ, 2016. – 636 с.
- [3] Світова гібридна війна: український фронт / за ред. В.П. Горбуліна. – К.: НІСД, 2017. – 496 с.
- [4] Ленков С.В., Перегудов Д.А., Хорошко В.А. Методи и средства защиты информации. В 2-х томах. – К.: Арий, 2008. - 464 с.
- [5] Артемов В.Ю. Застосування спеціальної техніки в правоохоронній діяльності: монографія / В.Ю. Артемов, В.М. Жалубак, В.О. Хорошко, Ю.Є. Хохлачова. – К.: «СІК ГРУП Україна», 2018. – 267 с.

REFERENCES

- [1] Gorbulin VP, Bichenyuk MM Problems of protecting the informational space of Ukraine. – K.: Intertechnology, 2009. – 136 p.
- [2] Grischuk R.V., Danik Yu.G. The basics of cybernetic security. – Zhytomyr: ZNAMEU, 2016. – 636 p.
- [3] World Hybrid War: Ukrainian Front / ed. V.P. Horbulina – K.: NISS, 2017. – 496 p.
- [4] Lenkov S.V., Peregudov D.A., Khoroshko V.A. Methods and means of information protection. In 2 volumes. – K.: Ary, 2008. – 464 pp.
- [5] Application of special technique in law enforcement activity: monograph / V.Yu. Artemov, V.M. Zhalubak, V.O. Khoroshko, Yu.E. Hohlachova – K.: "SIC GROUPS Ukraine", 2018. – 267 pp.

Mathematical Modeling of Myocardium Phase Convergent Dynamics

Olena Kirik
Institute for Applied Systems Analysis
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Kyiv, Ukraine
okirik@ukr.net

Alla Yakovleva
Institute for Applied Systems Analysis
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Kyiv, Ukraine
aliakovleva@ukr.net

Математичне Моделювання Фазової Скорочувальної Динаміки Міокарда

Олена Кірік
Інститут прикладного системного аналізу
КПІ імені Ігоря Сікорського
Київ, Україна
okirik@ukr.net

Алла Яковлева
Інститут прикладного системного аналізу
КПІ імені Ігоря Сікорського
Київ, Україна
aliakovleva@ukr.net

Abstract— The work is devoted to the study of the pumping function of the myocardium. An approach to mathematical modeling of the pumping function of the heart is proposed, which is the theoretical basis for optimizing the patient's functional state correction processes. Analysis of the model confirmed the ability to display with its help the fundamental physiological properties of the heart, providing blood circulation in the human body. The model may be useful to specialists in the field of theoretical and practical cardiology.

Анотація—Робота присвячена дослідженню насосної функції міокарда. Запропоновано підхід до математичного моделювання насосної функції серця, що є теоретичною основою оптимізації процесів корекції функціонального стану пацієнта. Аналіз моделі підтвердив можливість відображення з її допомогою фундаментальних фізіологічних властивостей серця, що забезпечують кровообіг в організмі людини. Модель може бути корисною фахівцям в галузі теоретичної та практичної кардіології.

Keywords—mathematical modeling of cardiac activity; intraventricular pressure; myocardial pumping function; systemic blood flow; nonlinear dynamic system.

Ключові слова—математичне моделювання серцевої діяльності; внутрішньошлуночковий тиск; насосна функція міокарда; системний кровообіг; нелінійна динамічна система.

I. INTRODUCTION

Due to the high prevalence of coronary heart disease, it occupies an important place in clinical medicine. One of the main consequences of this disease is the suppression of the pumping function of the heart with a subsequent violation of the systemic circulation and high mortality.

Most often, the works are of a general theoretical nature [1–4]; examples of models combining the achievements of the theory with practice and cases of the clinical application of models are still rare.

The purpose of this work is to construct and study a mathematical model of the phase dynamics of intraventricular pressure, which allows you to recreate the main integral characteristics of the heart to assess its functional state by a non-invasive method.

II. DESCRIPTION OF THE MATHEMATICAL MODEL

The model is based on a differential equation with variable structure and impulse corrections. The model index is the value of intraventricular pressure, which allows one to give a physical interpretation of the forces and factors that influence contractile activity. The apex cardiogram, which is obtained by non-invasive diagnostic methods, is used. The dependence of the volume-pressure is presented in the form of a differential equation, which adequately reflects the physics of the process.

We consider second-order differential equations:

$$\ddot{p} + a_i(p - p_c - p_{0i})^2 \dot{p} - b_i \dot{p} + c_i(p - p_c) = 0,$$

where $p: [0, \infty) \rightarrow R$; $a_i, b_i, c_i, p_{0i}, p_c$ - constants, $i = 1, 2$.

After replacing the variables $x = p - p_c$, we obtain the Leenard equation describing the dynamics of systems with one degree of freedom in the presence of linear reductive force and nonlinear damping:

$$\ddot{x} + a_i(x - p_{0i})^2 \dot{x} - b_i \dot{x} + c_i x = 0, \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

A characteristic feature of such equations is the existence of a stable limit cycle, on which trajectories come out of any initial conditions. In the following p is interpreted as blood pressure in the left ventricle.

Differential equation (1) is one of the simplest equations of dynamics, which are characterized by alternating fast and slow motion. This equation allows us to give a physical interpretation of the constants of this equation using Newton's second law.

The model shows the frequency of cardiac activity and the effect of the previous cardiac cycle on the next. The model recreates the Boudich effect, the Anrep phenomenon, the Frank-Starling law [5,6].

By traditional transformations, each of the equations of the second order from one variable (1) reduces to the system of two first-order equations

$$\begin{cases} \dot{x} + \frac{a_i}{3}(x - p_{0i})^3 - b_i x - c_i y = 0, \\ \dot{y} = -x. \end{cases} \quad i = 1, 2, \quad (2)$$

then the isoquin equation for system (2) will look like this

$$y = \frac{1}{c_i} \left[\frac{a_i}{3}(x - p_{0i})^3 - b_i x \right], \quad i = 1, 2. \quad (3)$$

System (2) describes the motion of a phase point $(x(t), y(t))$ at $i=1$ or $i=2$. Formula (3) allows an interpretation of the relation (1).

The diameter of the heart ventricle varies according to the following law [11] $l = k_1(H - H_0)$, where $H(t)$ – voltage at the moment t ; k_1, H_0 – constants.

Since pressure and voltage as forces are directed in different directions, there is a dependency $\ddot{l} = -kx$, $k = k_1 * l_c$, where l_c – the average value $l(t)$ for the time of the cardiac cycle T .

The equation (1) can be obtained from

$$l + \int_0^t (-k) \frac{a_i}{3}(x - p_{0i})^3 dr - b_i \dot{l} + c_i(l - l_c) = 0 \quad (4)$$

by double differentiation and taking into account

$$\frac{a_i}{3} \int_0^t \frac{a_i}{3}(x - p_{0i})^3 dt \approx -k \int_0^t a_i p_{0i}^2 x dt = a_i p_{0i}^2 \dot{l}. \quad (5)$$

Taking into account (4) and (5) one can interpret the coefficients of equation (1) a_i, b_i, c_i, p_{0i} as forces under the influence of which there is a reduction and relaxation of the heart.

It follows from formula (4) that the second member of equation (5) describes the force of viscous friction, which during systole prevents the penetration of blood into the aorta. During diastole, the first factor characterized by a factor p_{02} , associated with venous pressure that fills the ventricle, and the second, corresponding to the coefficient a_2 , prevents prolongation of the cardiac muscle.

The third member of the equation $b_i > 0$, $i = 1, 2$ is a force that increases the contractile activity of the myocardium and provides the rhythm of its work.

To substantiate the physiological character of the model, all the constants of the model, except for one, are fixed, and it is proved that the change of the non-fixed constant corresponding to one of the factors that influence the contractile activity adequately reflects the changes in the body.

Investigations show that with the growth of coefficients b_1 and b_2 the decrease in the duration of the heart cycle, $T_s + T_d$, therefore, the frequency of cardiac contractions increases. The dependence of the shock volume V on the magnitude of the activating factors is investigated.

The function $V(b_i)$ initially increases, reaches a certain maximum, and then tends to decrease.

The proposed model reflects the Baudich's effect, since with the increase in heart rate $T(b_1)$ decreases, this necessarily entails an increase of b_1 . With growth b_1 growing $V(b_1)$ and the force of reduction increases.

Coefficients a_i , ($i = 1, 2$) characterize the force of the type "friction force", that is, the force that interferes with the movement of blood, consequently, with its increase, certain physiological parameters should deteriorate.

CONCLUSIONS

The construction of the model is based on the representation of the cardiac function as a nonlinear dynamic system that formalizes the activity of the ventricles of the heart according to the phase structure of the heart cycle. The main factors and forces that influence the contractile activity of the heart are analyzed. The general principles of functioning and quantitative description of the pumping function of the heart are determined.

The model can be considered as the theoretical basis for optimizing the patient's functional state.

REFERENCES

- [1] Теоретические исследования физиологических систем. Математическое моделирование / Под общ. ред. Н.М. Амосова. К.: Наук. думка, 1977. – 246 с.
- [2] A. Quarteroni, T. Lassila, S. Rossi, R. Ruiz-Baier. Integrated Heart—Coupling multiscale and multiphysics models for the simulation of the cardiac function. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. 2017;314:345–407. doi: 10.1016/j.cma.2016.05.031
- [3] J.F. Gomez, K. Cardona, L. Martinez, J. Saiz, B. Trenor. Electrophysiological and structural remodeling in heart failure modulate arrhythmogenesis. 2D simulation study. *PLoS one*. 2014; 9(7):e103273 doi: 10.1371/journal.pone.0103273 [PMC free article] [PubMed]
- [4] В.Л. Каргман, В.В. Парин, Сердечный выброс // физиология кровообращения, физиология сердца. – Л.: Наука, 1980. – 118 с.
- [5] Anew automatically controlled electric TAH / М. Arabia, С. Franconi, М. Guerrisi et al. // *Trans. Amer. Soc. Artif. Jnt Organs*. – 1980. – 26. – P. 60-65.
- [6] Биомеханика сердечной мышцы / Под общ. ред. Г.Р. Иваницкого. – М.: Наука, 1981. – 325 с.

Впровадження Регіональних Та Локальних Концепцій Електронної Демократії. Можливості Та Виклики

Іван Копиченко

*Одеський регіональний інститут державного управління
Національної академії державного управління при Президентові України,
регіональний координатор Програми «Електронне врядування задля підзвітності влади та участі громади»
Одеса, Україна
iukopichenko@gmail.com*

Implementation of Regional and Local Concepts of Electronic Democracy. Opportunities and Challenges

Ivan Kopychenko

*Odessa Regional Institute of Public Administration, National Academy of Public Administration,
EGAP program regional coordinator Odessa, Ukraine
iukopichenko@gmail.com*

Анотація—Розпорядженням Кабінету Міністрів України №797-р від 8 листопада 2017 р. була схвалена Концепція розвитку електронної демократії в Україні та затверджений план заходів щодо її реалізації, але вона не містить у собі практичних кроків розвитку потенціалу інструментів е-демократії на місцях. Саме це обумовило необхідність розробки та впровадження схожих концептуально-стратегічних документів регіонального і локального рівня, які визначатимуть основні напрями розвитку та необхідні цілі з урахуванням специфіки конкретних територій і громад.

Abstract— The Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine №797-p of November 8, 2017 approved the Concept of the Development of Electronic Democracy in Ukraine and approved the plan of measures for its implementation, but it does not include practical steps for developing the potential of e-democracy instruments on local level. This has necessitated the development and implementation of similar conceptual and strategic documents at the regional and local levels, which will determine the main directions of development and the necessary goals, taking into account the specifics of specific territories and communities.

Ключові слова—концепція, е-демократія, е-участь, інструменти, е-урядування, інформатизація, інтернет, дані

Keywords—concept, e-democracy, e-participation, tools, e-governance, informatization, internet, data

I. ВСТУП

У 2014 році Україна встала на шлях інтенсивного впровадження та розвитку сервісів е-урядування та е-участі. «Електронна» чи «цифрова» демократія передбачає використання сучасних цифрових та інформаційно-телекомунікаційних технологій (ІКТ) для посилення участі громадян у творенні публічної політики, збільшення прозорості та підзвітності уряду, а також зміцнення навичок громадянина та обізнаності про переваги використання ІКТ для громадського та публічного життя. У творенні публічної політики, використання ІКТ для посилення демократії зазвичай використовується для порядку денного, формування публічної політики, прийняття рішень, втілення політики, моніторингу та контролю [1].

Розпорядженням Кабінету Міністрів України №797-р від 8 листопада 2017 р. була схвалена Концепція розвитку електронної демократії в Україні (далі – Національна концепція е-демократії) та затверджений план заходів щодо її реалізації. Основною метою створення такої концепції є формування політичних, організаційних, технологічних та ідеологічних умов розвитку електронної демократії в Україні, що характеризується зростанням рівня долучення громадян до комунікації, співпраці з органами державної влади, контролю за ними, участі у виробленні політики, розвитку самоорганізації та самоврядування, а також рівнем довіри до суб'єктів владних повноважень; узгодження стандартів державної політики зазначеної

сфери з міжнародними, зокрема європейськими стандартами [2]. Для цього, Національна концепція е-демократії визначає виконання комплексних заходів за наступними напрямками:

- нормативно-правове забезпечення розвитку електронної демократії;
- ресурсне забезпечення впровадження та використання інструментів електронної демократії суб'єктами владних повноважень;
- підвищення готовності органів державної влади та органів місцевого самоврядування до використання можливостей електронної демократії;
- забезпечення доступності інструментів електронної демократії.

Все це говорить про те, що на сьогодні в Україні на національному рівні активно створюється необхідне нормативно-правове підґрунтя для розвитку е-демократії. Це дозволяє органам місцевого самоврядування нормативно визначати напрями розвитку тих інструментів е-демократії та е-участі, що набувають популярності саме в їх громаді, та визначати заходи, направлені на вирішення проблем, що виникають під час впровадження таких інструментів.

Детальний аналіз кількісно-якісних показників місцевих інструментів е-демократії та кращих практик їх втілення наведено в інформаційно-аналітичних довідниках «Інструменти е-демократії у містах України» [3] та «Індекс місцевої електронної демократії в Україні: пілотне дослідження» [4]. Виходячи із досліджень, наведених у зазначених довідниках, можна зробити висновок про наступні актуальні тенденції, притаманні ОМС в Україні.

- зростання кількості ОМС, що використовують інструменти е-демократії, та зростання кількості таких інструментів відповідно.
- публічна політика та нормативно-правова база в значній мірі формується на основі вже реалізованих практик.
- ОМС впроваджують ті е-сервіси, що були розроблені в рамках власних проектів на власному фінансуванні, або ті, що були започатковані локальними активістами.
- відсутність системності у розвитку інструментів е-взаємодії через слабкий зв'язок з їх офлайн формами.
- збільшення кількості експериментів з боку ОМС щодо впровадження нових інструментів е-демократії та поширення стандартизованих платформ е-демократії, наприклад – Єдина система місцевих петицій.

- Достатньо низький рівень активності та залученості громадськості до діалогу та прийняття рішень органами місцевого самоврядування, а також використання інструментів е-демократії.
- Рівень нормативно-правового забезпечення, наявність стратегічного бачення міськими громадами подальшого розвитку е-демократії за формально-юридичними ознаками є середнім. Проте, за сутнісними критеріями він не відповідає тенденціям широкої участі громадськості у вирішенні питань місцевого значення та оптимізації процедур такої участі

II. ПРИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ КОНЦЕПЦІЇ Е-ДЕМОКРАТІЇ

Локальна або регіональна Концепція е-демократії повинна містити в собі розгорнутий опис розвитку та перелік заходів, направлених на вирішення окремих проблем, пов'язаних із впровадженням інструментів е-демократії на території громади, з урахуванням вже існуючих відповідних національних та місцевих нормативно-правових актів, таких як регіональні та місцеві програми розвитку або стратегічні плани.

- 1) *Нормативно-правове та адміністративне забезпечення:* інтеграція компоненти е-демократії до регіональних стратегій та цільових і комплексних програм розвитку та оптимізація організаційно-штатної структури органів публічної влади.
- 2) *Експертно-методичне забезпечення:* розробка та затверення методичних рекомендацій для органів публічної влади щодо впровадження та використання інструментів е-участі.
- 3) *Розвиток інфраструктури, ресурсне та інженерно-технічне забезпечення:* формування широкої коаліції на підтримку електронної демократії в регіоні за участі всіх зацікавлених сторін та осіб; визначення переліку програмно-технічного забезпечення, необхідного для отримання очікуваних результатів.
- 4) *Забезпечення прозорості та доступу до інформації, розвиток електронної взаємодії влади і громадян:* забезпечення оприлюднення всієї передбаченої законодавством інформації на офіційних веб-сайтах місцевих органів публічної влади та підвищення рівня діалогу між владою та громадою через відповідні інструменти комунікації.
- 5) *Впровадження та доступність інструментів електронної участі:* запровадження інструментів е-демократії в територіальних громадах регіону за допомогою вже існуючих програмно-технічних рішень, або впровадження та розвиток своїх.
- 6) *Навчання, підвищення кваліфікації та поширення інформації:* проведення цільових навчальних (підвищення кваліфікації) та навчально-

комунікаційних заходів із залученням всіх можливих партнерів та цільових груп.

III. МОЖЛИВОСТІ РОЗВИТКУ Е-ДЕМОКРАТІЇ НА ЛОКАЛЬНОМУ РІВНІ

Як приклад успішного впровадження Локальної концепції е-демократії можна привести Концепцію цифрової партисипації Вінницької міської об'єднаної територіальної громади на 2019-2025 роки що затверджена рішенням Вінницької міської ради №1730 від 26.04.2019р [5]. Створення такого нормативно-правового акту дозволило документально визначити основні інструменти е-участі, що є найбільш популярними серед громадян Вінницької міської об'єднаної територіальної громади (ВМОТГ), а саме:

- електронні петиції (<https://e-dem.in.ua/vinnysia>)
- бюджет громадських ініціатив (<http://vinnysia-budget.e-dem.in.ua>);
- електронні звернення (<http://www.vmr.gov.ua/Lists/Officials/Default.aspx>);
- мапа звернень громадян (<https://map.vmr.gov.ua/>);
- цілодобова варта 1560 та онлайн-чат для комунікації (<http://1560.vmr.gov.ua/default.aspx>);
- сервіс «Інформер для громадян» (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vinnysia.informer>; <https://t.me/VinInformerBot>);
- онлайн-опитування (<http://www.vmr.gov.ua/default.aspx>);
- відкриті дані (<http://opendata.gov.ua/>).

Також у вищезазначеній концепції представлено SWOT-аналіз щодо цифрової партисипації ВМОТГ з урахуванням її стану саме на території цієї громади, та чітко окреслений план заходів із врахуванням матеріально-організаційних можливостей безпосередніх виконавців з боку ОМС та їх можливих партнерів.

Цей документ має на меті сформулювати бачення розвитку е-демократії на локальному рівні та модель цифрового залучення мешканців відповідної громади до процесів прийняття рішень через спільний пошук проблеми, інформування, визначення більш чітких шляхів вирішення та їх подальшого впровадження в окремо взятій громаді.

IV. ВИСНОВКИ

Як ми можемо побачити із результатів численних аналітичних досліджень стану електронної демократії відсутність затвердженого концептуально-стратегічного документу регіонального та локального рівнів та чіткого

плану заходів із реалізації розвитку електронної демократії призводить до наступних проблем:

- відсутність на сайтах органів місцевого самоврядування територіальних громад значної кількості інформації, яка важлива для жителів з точки зору участі в управлінні місцевими справами;
- незадовільний стан розвитку сфери відкритих даних;
- недостатній рівень присутності суб'єктів владних повноважень у соціальних мережах;
- низький рівень впровадження інструментів е-участі у громадах;
- фрагментарна присутність компоненту електронної демократії в регіональних стратегіях та цільових і комплексних програмах;
- низький рівень технічного, фінансового та кадрового забезпечення, необхідного для повномірної впровадження інструментів е-демократії.

Саме через це, виникає стійка потреба у впровадженні Регіональних та Локальних концепцій е-демократії, направлених на вирішення зазначених проблем та розвиток потенціалу інструментів е-демократії на місцевому рівні з урахуванням специфіки та можливостей конкретних територій і громад, а також цілей і заходів, передбачених Національною концепцією е-демократії.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Томкова Й. Аналітичні записки з ефективного е-урядування. Випуск #3: Е-демократія на місцевому рівні: стан розвитку [Електронний ресурс] / Й. Томкова, Д. Хуткий, М. Наход. – 2018. – 6 с. – Режим доступу: <https://egap.in.ua/biblioteka>.
- [2] Верховна Рада України. Концепція розвитку електронної демократії в Україні та план заходів з її реалізації. – К., 2017. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/797-2017-p>.
- [3] Інструменти е-демократії у містах України. Інформаційно-аналітичний довідник / А. Ємельянова, М. Довбенко, П. Завадська, Д. Хуткий, С. Лобойко, М. Наход – К., 2017. – 58 с. – Режим доступу: <https://github.com/DevRainSolutions/ebooks>.
- [4] Індекс місцевої електронної демократії в Україні: пілотне дослідження / Х. Приходько, А. Ємельянова, С. Лобойко, Д. Хуткий, Т. Кушніренко, За ред. С. Лобойка, Д. Хуткого, А. Ємельянової. – К., 2018. – 14 с. – Режим доступу: <https://cid.center/wp-content/uploads/2019/02/Індекс-розвитку-електронної-демократії-на-локальному-рівні.pdf>
- [5] Вінницька міська рада. Концепція цифрової партисипації Вінницької міської об'єднаної територіальної громади на 2019-2025 роки. – К., 2019. – Режим доступу: <http://www.vmr.gov.ua/Docs/CityCouncilDecisions/2019>.
- [6]

Експериментальні Дослідження Системи Автоматизованого Моніторингу Сигналів Міток Точного Часу

Валерій Коваль
*кафедра автоматизації та
робототехнічних систем ім. акад.
І.І.Мартиненка
НУБіП України
Київ, Україна
v.koval@nubip.edu.ua*

Олександр Самков
*Інститут електродинаміки НАН
України
Київ, Україна
samkov@ied.org.ua*

Володимир Слинко
*віділ автоматизації електричних
систем
Інститут електродинаміки НАН
України
Київ, Україна
sl.vladimir2015@gmail.com*

Олександр Осінський
*Національна академія наук України
Київ, Україна
osinskiy@usnan.org.ua*

Руслан Камінський
*віділ автоматизації електричних
систем
Інститут електродинаміки НАН
України
Київ, Україна
rkaminsky@ukr.net*

Владислав Досенко
*віділ автоматизації електричних
систем
Інститут електродинаміки НАН
України
Київ, Україна
vladdos91@gmail.com*

Experimental Studies of the System of Automated Monitoring of Time Stamp Signals

Valerii Koval
*Department of Automation and Robotic
Systems named by I.I.Martynenko
NULES Ukraine
Kyiv, Ukraine
v.koval@nubip.edu.ua*

Oleksandr Samkov
*Institute of Electrodynamics of the
National Academy of Sciences of
Ukraine
Kyiv, Ukraine
samkov@ied.org.ua*

Volodymyr Slynko
*Department of automation of electric
systems
Institute of Electrodynamics of the
National Academy of Sciences of
Ukraine
Kyiv, Ukraine
sl.vladimir2015@gmail.com*

Oleksandr Osinskiy
*The National Academy of Sciences of
Ukraine
Kyiv, Ukraine
osinskiy@usnan.org.ua*

Ruslan Kaminskyi
*Department of automation of electric
systems
Institute of Electrodynamics of the
National Academy of Sciences of
Ukraine
Kyiv, Ukraine
rkaminsky@ukr.net*

Vladyslav Dosenko
*Department of automation of electric
systems
Institute of Electrodynamics of the
National Academy of Sciences of
Ukraine
Kyiv, Ukraine
vladdos91@gmail.com*

Анотація—Система автоматизованого моніторингу сигналів міток точного часу забезпечує проведення контролю синхросигналів, що використовуються для моніторингу стабільності параметрів енергосистем, побудованих згідно концепції інтелектуальної енергомережі

SMART-Grid. Наведено результати експериментальних досліджень блоку «TIMETER-2pps» системи автоматизованого моніторингу сигналів міток точного часу, який підключено до модулів синхронізації ResGNSS та синтезатора частот PCI-TimeGen.

Abstract—A system of automated monitoring of time stamp signals provides a control of synchronization signals in real time by index of the deviation of time interval with a possibility to accumulate data centrally. This allows to quickly determine the parameters of the controlled time stamp signals as well as predict the quality and stability of their formation by using statistical methods of information processing in order to monitor in real time stability of the parameters of power systems built in accordance with a concept of the intelligent SMART-Grid. A laboratory model was developed in order to study the primary transducer block of the "TIMETER-2pps" of the automated monitoring system. The paper presents the results of experimental studies of the PTB "TIMETER-2pps" connected to the ResGNSS synchronization modules, PCI TimeGen frequency synthesizer, and to the P4000winXP software developed in the Microsoft Visual C ++.

Ключові слова—автоматизований моніторинг; SMART-Grid; синхросигнал; мітка точного часу; відхилення часового інтервалу; статистична обробка

Keywords—automated monitoring; SMART-Grid; synchronization signal; time stamp; deviation of the time interval; statistical processing

I. ВСТУП

Реалізація концепції інтелектуальної енергомережі SMART-Grid, підвищення її енергоефективності, об'єднання енергосистем України і Європейського союзу вимагають ретельного моніторингу частоти, потужності, струму, напруги та їх кутових параметрів. Ефективне функціонування сучасних інтегрованих систем електропостачання потребує адекватного керування їх режимами роботи в реальному часі. Аналіз міжнародних стандартів дає можливість стверджувати, що для забезпечення безперервного моніторингу параметрів енергосистем, згідно концепції інтелектуальної енергомережі SMART-Grid, необхідна розробка і впровадження засобів відтворення міток точного часу з мікросекундною точністю. Задача високонадійного формування міток точного часу з заданою якістю, як складової автоматизованого керування режимами роботи інтегрованої мережі електропостачання в реальному часі, може бути вирішена за рахунок відповідного контролю параметрів синхросигналів. Саме тому в процесі рішення поставленої задачі актуальним є проведення експериментальних досліджень щодо практичної реалізації конкурентоспроможної системи багатоканального моніторингу міток точного часу інтегрованих систем електропостачання.

II. АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ СИГНАЛІВ МІТОК ТОЧНОГО ЧАСУ

В інтегрованій системі електропостачання процес векторних вимірів її параметрів забезпечується за рахунок «прив'язки» до сигналів прецизійної частоти, що отримані від супутникових навігаційних систем GNSS [1]. Супутникові системи здатні забезпечити вимоги до точності часових міток інтегрованих систем електропостачання навіть з значним запасом. Разом з цим вони мають принципові недоліки. А саме, залежність характеристик радіонавігаційного каналу від

нестационарності відкритого середовища розповсюдження радіосигналів, відсутність захисту радіосигналів від навмисного придушення чи спотворення, а також залежність від закордонних джерел точного часу і частоти. Одним із способів підвищення надійності частотно-часового забезпечення є впровадження комп'ютерно-інтегрованої інформаційної системи автоматизованого безперервного моніторингу сигналів міток точного часу.

Використання існуючих вимірюваних засобів для безперервного моніторингу не є раціональним, що обґрунтовується результатами техніко-економічного аналізу [2]. Це обумовлює необхідність розробки засобів моніторингу, які є дешевшими і такими, що дають можливість формувати дані про результати вимірів без безпосередньої участі людини, тобто в автоматичному режимі та передавати їх, використовуючи засоби інфокомунікаційних систем, в центр керування [3]. Також варто зауважити, що результати проведених аналітичних досліджень в значній мірі обумовлені тими технічними особливостями і можливостями, які надають нові інфокомунікаційні мережі на основі IP-технологій, а також сучасні комп'ютерні системи, мікроелектронні елементи для реалізації складних методів керування та оброблення інформації [3, 4].

При розробці засобів моніторингу потрібно врахувати наступні вимоги:

- проведення одночасного моніторингу декількох контрольованих синхросигналів;
- використання IP-технологій для передавання даних моніторингу;
- алгоритмічне оброблення та візуальне представлення результатів моніторингу в реальному часі та зручному для оператора форматі.

Автоматизований моніторинг сигналів міток точного часу здійснюється на основі проведення вимірювань величини відхилення часового інтервалу (ВЧІ) контрольованого сигналу відносно опорного (еталонного) синхросигналу [5]. Багатоканальний моніторинг базується на одночасному проведенні вимірювань декількох контрольованих сигналів відносно опорного сигналу [4].

III. РЕАЛІЗАЦІЯ СПОСОБУ АВТОМАТИЗОВАНОГО БАГАТОКАНАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ

Реалізація способу багатоканального моніторингу сигналів міток точного часу передбачає використання датчиків - блоків первинних перетворювачів (апаратного засобу «TIMETER-2ppm»). Задачею блоків «TIMETER-2ppm» є проведення безперервних тривалих (години, дні, тижні) вимірювань показників якості кількох сигналів міток точного часу та передаванні їх результатів по IP-мережі на сервер централізованої системи керування. Спеціалізований сервер здійснює цифрову обробку результатів вимірювань для їх візуалізації. На основі отриманої інформації вимірювань та результатів її статистичної обробки в централізованій системі керування приймається відповідне рішення за сценаріями

автоматизованого керування режимами роботи інтегрованої мережі електропостачання в реальному часі.

Технічна реалізація процесу багатоканального моніторингу синхросигналів на об'єктах інтегрованих систем електропостачання буде малоефективною у разі використання на цифрових підстанціях синхросигналів тільки однієї супутникової навігаційної системи GPS. У цьому випадку є проблемним забезпечення достатньої якості опорного (еталонного) сигналу та, як наслідок, низької інформаційної достовірності результатів багатоканального моніторингу синхросигналів.

Для підвищення ефективності багатоканального моніторингу синхросигналів на об'єктах критичної інфраструктури доцільним буде використання сигналу національної шкали часу, що формується Національним еталоном одиниць часу і частоти [6]. Варто зазначити, що для об'єктів інтегрованих систем електропостачання Smart Grid передавання сигналів міток точного часу протоколом RTP по IP-мережі рекомендовано державним стандартом України, що відповідає ІЕС/ІЕЕЕ 61850-9-3:2016 [7].

IV. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розроблено лабораторний комплекс програмно-апаратних засобів для натурного моделювання і дослідження системи автоматизованого багатоканального моніторингу сигналів міток точного часу, який забезпечує в автоматичному режимі виконання одночасних багатоканальних вимірів відхилення часового інтервалу від еталону з субнаносекундною точністю.

Метою проведення досліджень є експериментальна перевірка теоретичних положень запропонованого способу для практичної реалізації системи моніторингу з використанням передових інформаційно-комунікаційних технологій.

Лабораторний комплекс програмно-апаратних засобів, схема якого представлена на рис. 1, має у своєму складі два приймачі супутникових навігаційних систем GNSS, що входять до складу модуля синхронізації ResGNSS, синтезатор частот PCI_TimeGen, лабораторний макет блоку первинних перетворювачів БПП «TIMETER-2pps».

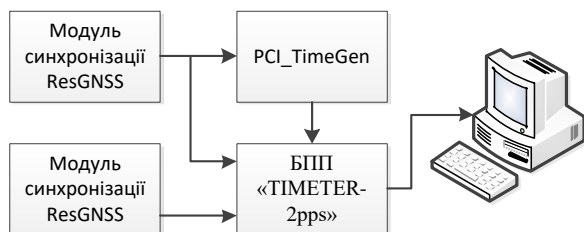


Рис.1. Схема експериментальних досліджень

Лабораторний макет блоку БПП «TIMETER-2pps» забезпечує в автоматичному режимі виконання

одночасних вимірювань відхилення часового інтервалу двох сигналів міток точного часу типу 1-PPS (один імпульс в секунду) відносно опорного синхросигналу частотою 10 кГц, що підключений до входу REF блоку (рис. 2). Контрольовані сигнали міток точного часу, що формуються двома приймачами GNSS, підключаються до двох каналів 1-PPS блоку БПП «TIMETER-2pps».

В блоці БПП «TIMETER-2pps» автоматично вимірюється ВЧІ сигналів міток точного часу, а потім виконуються цифрова обробка дискретних значень результатів вимірювань та формується пакет даних в текстовому форматі для передавання. Цифрові результати вимірювань передаються IP-мережею на персональний комп'ютер де оброблюються з використанням розробленого у середовищі Microsoft Visual C++ програмного забезпечення P4000winXP [8].

Програмне забезпечення P4000winXP, на основі отриманих даних від блока первинних перетворювачів (БПП) «TIMETER-2pps», забезпечує відображення результатів вимірювань у табличному представленні та у вигляді графіків залежності ВЧІ контрольованих сигналів від часу. Вказане представлення дає можливість оперативного моніторингу результатів вимірювань, запису на запам'ятовуючі пристрої і виконання технічним персоналом відповідних дій з контролю. Приклад візуалізації результатів моніторингу ВЧІ контрольованих синхросигналів в реальному часі наведено на рис. 3. Представлені на рис. 3 графічні і табличні залежності ВЧІ контрольованих сигналів міток точного часу двох приймачів GNSS отримані в процесі проведення експериментальних досліджень з використанням створеного лабораторного комплексу.

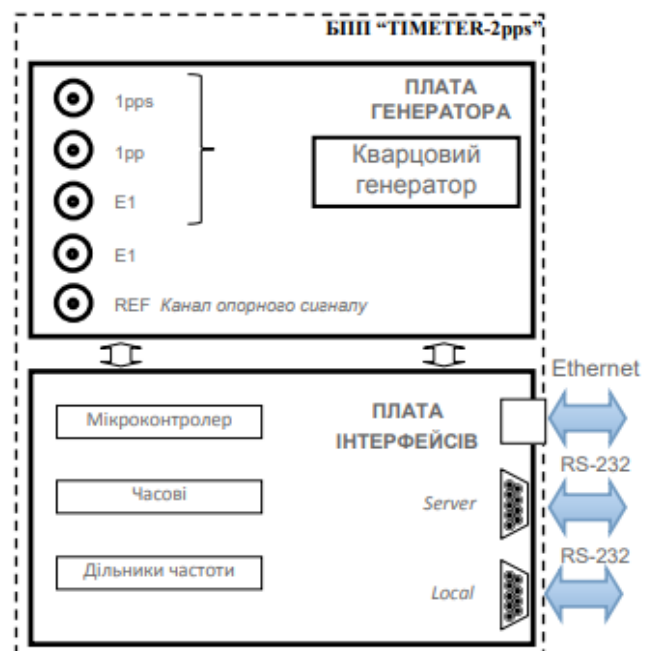


Рис.2. Структура БПП «TIMETER-2pps»

За результатами аналізу графічних залежностей можна зробити висновок про те, що сигнали двох приймачів GNSS, які підключені до відповідних каналів 1-PPS блоку БПП «TIMETER-2pps» в процесі проведення експерименту мали різні часові характеристики. На

нижньому графіку (рис. 3 Channel C1) видно, що значення величини відхилення часового інтервалу знаходиться в межах 150 нс (від «піку» до «піку»). Другий приймач GNSS (верхній графік Channel C0 на рис. 3) має відхилення часового інтервалу в межах 75 нс.

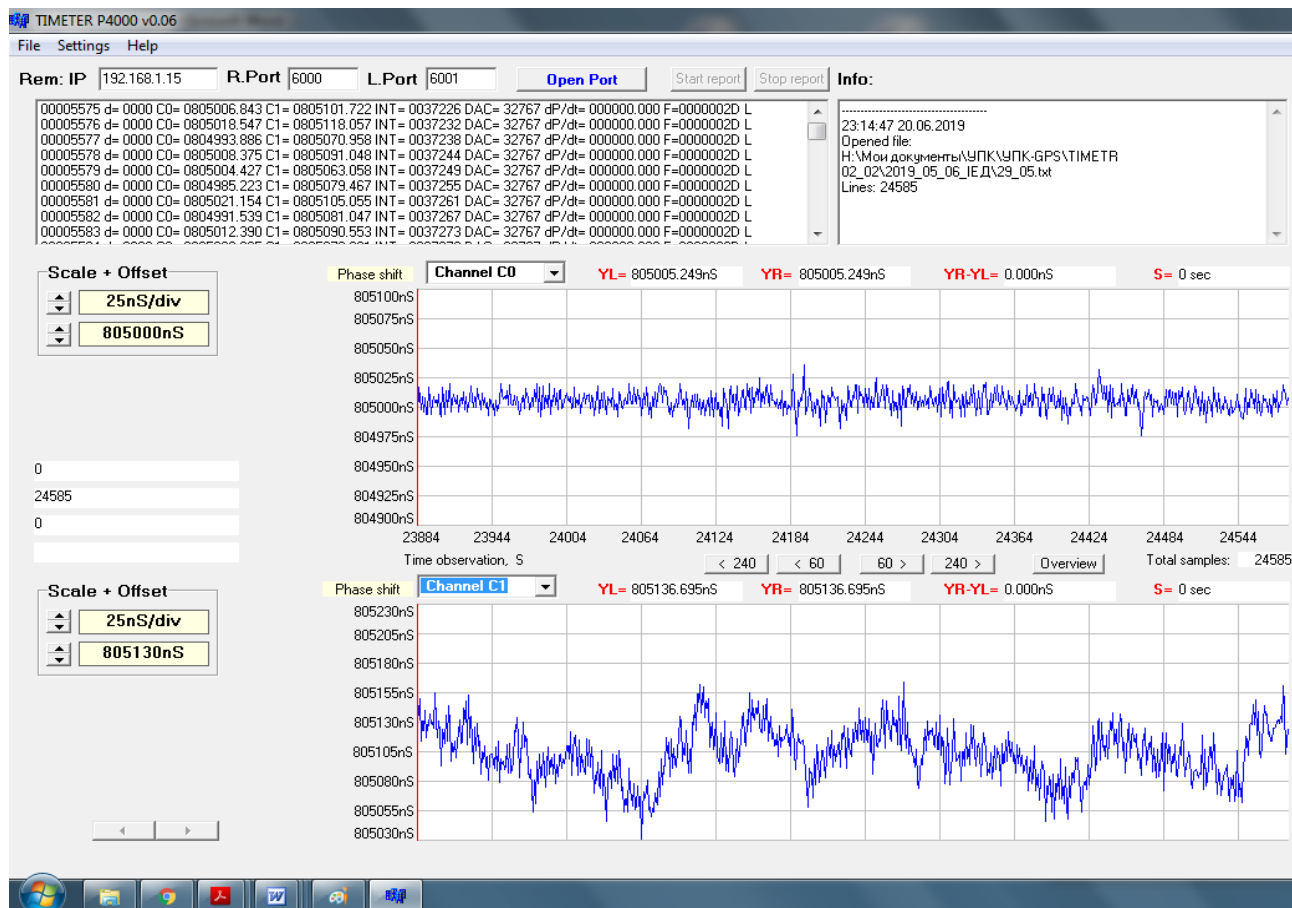


Рис.3. Схема експериментальних досліджень

V. ВИСНОВКИ

Наведені результати експериментальних досліджень системи автоматизованого моніторингу сигналів міток точного часу дозволяють стверджувати, що вони можуть використовуватись для контролю синхросигналів в енергосистемах, побудованих згідно концепції SMART-Grid та слугувати підґрунтям для розроблення технології діагностики якості функціонування засобів частотно-часового забезпечення цифрових інформаційно-телекомунікаційних мереж, створення засобів вимірювань часових характеристик синхросигналів у різних галузях економіки країни, а також використовуватись в цілях підвищення обороноздатності та безпеки.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Jackie Peer, Eric Sagen, Shankar Achanta, and Veselin Skendzic. The Future of Time: Evolving Requirements for Precise Time Synchronization in the Electric Power Industry. Presented at the 13th Annual Western Power Delivery Automation Conference Spokane, Washington, March 29–31, 2011.

[2] A. V. Ryzhkov, "Frequency and time in the information communications of the XXI century", Moscow, Russia: MAS, 2006, pp. 320.

[3] V. I. Borshch, E. I. Korshun, Y. G. Tumanov, O. M. Chumak, "Signaling and synchronization in telecommunication systems", Kyiv, Ukraine: Scientific Opinion, 2004, pp. 5-128.

[4] V. V. Koval, D. O. Kalian and O. V. Samkov, "Automated system of synchronization signal transmission using IP networks", Kyiv, Ukraine: NUBiP Ukrainy, 2016, pp. 3-182.

[5] Stefano Bregni, "Synchronization of digital telecommunications networks", Translated from English, Moscow, Russia: Mir, 2003, pp. 3-456.

[6] Velychko, O. M., Kalian D.O., Koval V.V., Samkov O.V. Terminal devices for synchro-information systems with adaptive properties for IoT: Proceedings of the International Conference AICT-2017. Lviv, Ukraine, 2017, pp. 22-25. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8020056/>

[7] IEC/IEEE 61850-9-3. Communication networks and systems for power utility automation – Part 9-3: Precision time protocol profile for power utility automation. <https://webstore.iec.ch/publication/24998>

[8] Ivor Horton, "Microsoft Visual C ++ 2005: basic course. Beginning Visual C ++ 2005", Moscow, Russia: Dialectics, 2007, pp.3-1152.

Телекомунікаційні Технології Єдиної Національної Синхронізаційної Системи

Валерій Коваль
*кафедра автоматики та
робототехнічних систем
ім. акад. І.І.Мартиненка
НУБіП України
Київ, Україна
v.koval@nubip.edu.ua*

Віталій Лисенко
*кафедра автоматики та
робототехнічних систем
ім. акад. І.І.Мартиненка
НУБіП України
Київ, Україна
vlysenko@nubip.edu.ua*

Микола Худинцев
*Державна служба спеціального
зв'язку та захисту інформації
України
Київ, Україна
dckz_skv@dsszzi.gov.ua*

Михайло Климаш
*кафедра телекомунікацій
Національний університет
«Львівська політехніка»
Львів, Україна
tk.dept@lpnu.ua*

Дмитро Кальян
*аспірант
НУБіП України
Київ, Україна
dmytro.kalian@gmail.com*

Борис Кравченко
*студент магістратури НУБіП
України
Київ, Україна
razor0976543@gmail.com*

Telecommunication Technologies of the Unified National Synchronous Information System

Valerii Koval
*Department of Automation and Robotic
Systems named by I.I.Martynenko
NULES Ukraine
Kyiv, Ukraine
v.koval@nubip.edu.ua*

Vitaliy Lysenko
*Department of Automation and Robotic
Systems named by I.I.Martynenko
NULES Ukraine
Kyiv, Ukraine
vlysenko@nubip.edu.ua*

Mykola Khudyntsev
*State Service of Special
Communications and Information
Protection of Ukraine
Kyiv, Ukraine
dckz_skv@dsszzi.gov.ua*

Mykhaylo Klymash
*Department of Telecommunication
Lviv Polytechnic National University
Lviv, Ukraine
tk.dept@lpnu.ua*

Dmytro Kalian
*postgraduate student
NULES Ukraine
Kyiv, Ukraine
dmytro.kalian@gmail.com*

Borys Kravchenko
*master's degree student
NULES Ukraine
Kyiv, Ukraine
razor0976543@gmail.com*

Анотація—Транспортування високоякісних синхросигналів до споживачів від національних еталонів обумовлює необхідність використання різних механізмів розповсюдження синхронізаційної інформації. Передавання синхросигналів з використанням сучасних телекомунікаційних технологій є перспективним напрямом, що забезпечує необхідну точність та надійність, інформаційну безпеку та гарантію якості послуг. Зважаючи на активний розвиток асинхронних телекомунікаційних мереж (IP-мереж) ефективним є рішення щодо передачі синхронізаційної цими мережами на основі протоколу прецизійного часу РТР, який дозволяє розповсюджувати шкалу часу з точністю до одиниць мікросекунд. Наведено результати наукових досліджень, які підтвердили можливість розповсюдження в масштабах країни сигналів

точного часу з використанням діючих IP-мереж та обладнання вітчизняного виробництва.

Abstract—A development of the unified national synchronous information system (UNSI) of Ukraine aims at solving the problem of a full-scale frequency and time provision of consumers at the state level. The UNSI should function as a main source of the synchronous information generated and distributed through the objects. A transportation of synchronization signals to consumers from the national standards, which are intended to reproduce and preserve physical quantities like time and frequency, requires high accuracy. There are different mechanisms to distribute synchronous information throughout the country. Transmission of synchronization signal by means of modern

telecommunication technologies is a promising direction, providing the necessary accuracy and reliability, information security, and quality of services. Taking into account an active development of asynchronous telecommunication networks (IP networks), it is effective to transmit synchronous information through these networks based on the PTP protocol of precision time, which allows to distribute the time scale with up to hundreds of nanoseconds accuracy. The paper presents the results of scientific research confirming a possibility to distribute signals of accurate time throughout the country using the existing IP networks and domestic equipment. A development of the UNSIS will allow to provide both the objects of uniformed services and consumers in many sectors of the Ukrainian economy with a high-quality synchronous information. It meets the requirements of the increased information security due to the development of a modern autonomous system independent from the foreign sources and services.

Ключові слова—телекомунікаційні технології; синхронізація; IP-мережа; протокол PTP; сигнал точного часу

Keywords—telecommunication technologies; synchronous information; IP network; PTP protocol; signal of accurate time

I. ВСТУП

Сучасні інформаційно-комунікаційні технології характеризуються інтенсивним використанням еталонних значень шкали часу і частот, для забезпечення синхронного функціонування високотехнологічних систем у сфері телекомунікацій, метрології, оборони, кібербезпеки держави та багатьох галузях економіки [1-4]. Високоточні вимірювання часу і частоти є важливими складовими процесу забезпечення єдності вимірювань у державі, від якого залежить якісна робота цифрових телекомунікацій, військових об'єктів, синхронізація технологічних процесів у науці та економіці, а також інформативність населення.

Наявність власної системи високоякісного і ефективного синхронізаційного забезпечення галузей економіки є, певною мірою, ознакою високого рівня розвитку держави. Зважаючи на те, що в теперішній час державна служба єдиного часу і еталонних частот [5], формуючи і зберігаючи національну шкалу часу на рівні кращих національних шкал країн світу, практично не виконує функцію передавання синхросигналів інформаційними каналами, то актуальними постають проблеми використання сучасних телекомунікаційних технологій, які актуалізують наукові дослідження для вирішення означеної проблеми.

II. СПОСОБИ ТРАНСПОРТУВАННЯ (ПЕРЕДАВАННЯ) СИНХРОНІЗАЦІЇ

Державна служба єдиного часу і еталонних частот, до якої входить ДП «Укрметртестстандарт», тільки частково виконує функцію передавання споживачам еталонних сигналів часу і частоти та шкали часу. Технічні засоби служби не утворюють єдиної системи і не можуть

задовольнити вимоги усіх її споживачів, що спонукає їх до використання синхронізацій інших держав (наприклад, від супутникових навігаційних систем GNSS), що створює загрозу як національній безпеці, так і збільшує ризики втрати єдності вимірювань часу і частоти в межах держави. Відомо, що принциповими недоліками таких супутникових систем є залежність якості сигналу від нестаціонарних характеристик відкритого середовища розповсюдження радіосигналів, відсутність захисту від навмисного спотворення синхронізацій та інші [4, 5].

Ефективна реалізація процесів транспортування інформації про єдиний точний час, еталонні частоти, мітки точного часу (синхронізація) по об'єктах, які її потребують, можлива за рахунок створення єдиної національної синхронізаційної системи (ЄНСС) [4, 5]. З реалізацією запропонованої ідеї створяться умови для інформаційної безпеки об'єктів критичної інфраструктури країни, а також будуть отримані прикладні результати подвійного використання для державних інституцій: Збройних Сил України, ДП Держспецзв'язку, ДП «Укрметртестстандарт».

Загалом споживачами синхронізацій, можуть бути сукупності великих систем, або їх підсистеми і окремі виділені об'єкти, в першу чергу, це високотехнологічні державні інформаційні системи. Національні об'єкти, що потребують синхронізацій: телекомунікаційні мережі, цифрове телебачення, об'єднані електроенергетичні системи, метрологія, білінг, авіаційний та залізничний транспорт, нафто та газопроводи, агропромислова, природоохоронна та інші галузі економіки. Окремо слід зазначити важливість отримання еталонних сигналів точного часу службами спеціального призначення, які вирішують задачі національної кібербезпеки держави та необхідність впровадження в країні єдиного (київського) обліково-звітного часу.

Для передавання синхронізацій до споживача від державних еталонів частоти і часу або служби точного часу, які підтримують координовану національну шкалу, використовуються різні механізми розповсюдження та протоколи. Протоколи призначені для дистанційного передавання мітки часу в цифровому коді сімейства IRIG, а також протокол мережевого часу NTP (Network Time Protocol), який розроблено в рамках концепції Інтернет для широкого застосування в комп'ютерних мережах з IP-протоколом. Крім перелічених, в метрології знайшов застосування протокол ToD (Time of Day). Для реалізації протоколу ToD використовується асинхронний інтерфейс типу RS-232, в якому передаються повідомлення NMEA з інформацією про часову шкалу, доповнені аналоговим імпульсним сигналом частотою 1 Гц (або 1 PPS), що з високою точністю фіксує момент переходу шкали через нульове значення секунд. Розроблений сучасний протокол для передачі мітки часу по діючим IP-мережам, визначений в міжнародному стандарті IEEE-1588 як протокол прецизійного часу (PTP, Precision Time Protocol). Результати проведеного аналізу технічних

можливостей та особливостей застосування зазначених протоколів наведено в табл.1.

ТАБЛИЦЯ 1. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТОКОЛІВ

Протокол	Точність, що забезпечуються	Необхідність окремої мережі	Особливості застосування
IRIG-B	10 мкс - 1 мс	так	-
ToD	0.1 - 10 мкс	так	На відстані до 10 м
NTP	1 - 100 мс	ні (мережа UDP/IP)	Залежить від мережі.
RTP (IEEE-1588-2008)	0.1 - 10 мкс	ні (мережа UDP/IP чи Ethernet)	Не залежить від мережі *

* для мережі, яка підтримує RTP відповідно до вимог стандарту

З наведених даних можна зробити висновок, що єдиним з них, який здатний забезпечити мікросекундну точність, а також не вимагає будівництва виділеної мережі, є RTP. Експериментальні дослідження і світова практика впровадження RTP на діючих мережах в різних галузях спонукала до активізації його стандартизації в різних галузях економіки [4, 5]. Впровадження протоколу RTP в значній мірі обумовлено активним переходом операторів телекомунікацій, на використання в мережах технології комутації пакетів. Варто зауважити, що в таких мережах протокол RTP може з деяким погіршенням характеристик застосовуватися навіть без його підтримки іншим мережевим обладнанням.

III. АНАЛІЗ ВАРИАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ЄНСС УКРАЇНИ

Важливою проблемою створення ЄНСС України є обґрунтування вибору варіантів використання технічних засобів для організації переміщення синхронізаційної інформації, тобто засобів телекомунікацій [4]. Можна виділити три шляхи вирішення цієї проблеми: 1) створити власну відокремлену цифрову транспортну мережу синхронізації; 2) орендувати її як відокремлену накладену на інформаційні мережі, перш за все первинні і вторинні; 3) переміщати синхронізаційну інформацію разом з корисною інформацією в їхньому транспортному середовищі, а потім у вузлах синхронізації тим чи іншим способом її виділяти. Можна стверджувати, що на даний час найбільш розвиненими є мережі синхронізації в інформаційних інфраструктурах, включно і в телекомунікаціях, де і накопичено великий теоретичний і практичний досвід їх розробки і експлуатації [3, 4].

З метою зменшення витрат на побудову ЄНСС України, в якості одного із етапів можна запропонувати створення окремих але взаємозв'язаних мереж синхронізації телекомунікаційних операторів різних відомств та галузей економіки України, або окремих великих об'єктів синхронізації. Велика кількість галузевих мереж синхронізації з різними типами первинних джерел та пристроїв синхронізації з технічного боку може значно знижувати якість синхронізаційної інформації і економічно недоцільна, тому кількість таких мереж потрібно обмежувати. По суті створення інших, окремих але взаємозв'язаних мереж синхронізації - регіональних, відомчих, приватних є альтернативою до концепції проекту ЄНСС України. Таке створення може мати наступні недоліки. По-перше,

ЄНСС України матиме статус національної, а не тільки телекомунікаційних та інших операторів. Крім того уже сьогодні цілий ряд об'єктів синхронізації, а не тільки галузі телекомунікацій та інформатизації, потребують синхронізаційної інформації, як всеохоплюючий товар [5]. ЄНСС повинна стати системою масового обслуговування вітчизняних споживачів синхронізаційної інформації з залученням, в перспективі, партнерів інших країн та континентів. По-друге, роздрібнення і деталізація мереж синхронізації до "особистої справи" операторів-власників навіть конкретних локальних мереж телекомунікацій, що зараз спостерігається в галузі, ускладнить ряд процедур взаємодії. В майбутньому, створена ситуація може не тільки викликати погіршення якості роботи синхронізаційних інфраструктур, їх збої чи часткову втрату синхронізації, а також може привести й до повного зриву синхронізації всіх чи поодиноких телекомунікаційних мереж країни і, як наслідок, до виникнення нештатних ситуацій.

Окремі, але взаємозв'язані мережі синхронізації телекомунікаційних операторів можуть розглядатися як окремі складові частини ЄНСС України. Вибір метода синхронізації національної цифрової мережі зв'язку відноситься до компетенції національних адміністрацій. На разі ЄНСС України, яка ввїбрала б всі об'єкти синхронізації України (залізничний транспорт, нафтогазопроводи, електроенергетика, космічні, оборонні об'єкти та інші), може бути створена лише за державними програмами України. Тут можна виділити три стратегії реалізації проекту ЄНСС України [4]:

- запропонувати ЄНСС України для усіх споживачів синхронізаційної інформації. Таке централізоване управління (скажемо, на рівні структури Кабінетів Міністрів), може забезпечити зменшення техніко-економічних витрат, але потребує на початковій стадії значних капітальних вкладень (припустима етапність побудови);
- запропонувати окремі мережі синхронізації для різних споживачів синхронізаційної України;
- запропонувати в якості комплексу інноваційних засобів цифрову транспортну мережу (первинну) і частково мережу служби синхронізаційної інформації (вторинну) Держспецзв'язку. Вказані мережі синхронізації необхідно реконструювати, розширити та зробити виділену мережу ЄНСС України з тим, щоб забезпечити необхідними синхросигналами споживачів усіх галузей економіки України. В першу чергу, необхідно забезпечити транспортування інформації про точний час, а потім перейти до передачі синхросигналів єдиного київського обліково-звітного часу споживачам по всій території України та оновити існуюче обладнання синхронізації, включно і вітчизняних виробників, яке є значно дешевшими за імпортоване.

IV. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЕРЕДАВАННЯ МІТКИ ТОЧНОГО ЧАСУ ПО ІР-МЕРЕЖАМ

Виконаємо аналіз результатів досліджень протоколу RTP щодо можливості його застосування в інтелектуальних електроенергетичних системах [4]. Оскільки базовий стандарт протоколу RTP містить широкий спектр допустимих установок і налаштувань, по мірі впровадження в тій чи іншій галузі фахівці оптимізують конфігурацію протоколу для застосування саме в цій галузі, в залежності від особливостей галузевих мереж, що підвищує характеристики або спрощує впровадження протоколу.

Експериментальні дослідження інформаційної системи передавання мітки точного часу по діючим ІР-мережам виконувались з використанням комплексу обладнання УС-1588 вітчизняного виробництва (ТОВ "Інформаційні сервісні технології", м. Київ). Обладнання УС-1588 призначено для передавання мітки точного часу по мережам передачі даних, що використовують комутацію пакетів на основі протоколів TCP/IP або UDP/IP зі швидкістю 10/100 Мбіт/с, відповідні вимогам, викладеним у стандарті IEEE-1588 [4]. Найбільш поширеним прикладом зазначених пакетних мереж, в яких може використовуватися обладнання УС-1588, є локальна мережа Ethernet 10/100 Мбіт/с або мережа на основі протоколу IP версії 4.

Проведено експериментальні дослідження інформаційної системи передавання мітки точного часу, що складається з системи цифрової передачі інформації, яка базується на апаратурі УС-1588М і УС-1588S, що забезпечує цифрову передачу синхронізації через корпоративну ІР-мережу НУБіП України. Параметрами, що вимірюються є характеристики синхросигналів ТІЕ визначені згідно міжнародних Рекомендацій ІТУ-Т G.810 та G.8262. Експериментальні дослідження комплексу обладнання УС-1588 вітчизняного виробництва показали відповідність його основних характеристик вимогам "енергетичного" профілю RTP при передаванні мітки точного часу по діючій корпоративній ІР-мережі НУБіП України [4]. Варто відмітити, що вклад синхронізуючого пристрою УС-1588М ("мастер") у відхилення часового інтервалу становить не більше 50 нс при нормі не більше ніж 200 нс. Параметри комплексу обладнання УС-1588 дозволяють забезпечити нестабільність переданої мітки часу на рівні 300 нс (розмах).

В якості прикладу на рис. 1 наведено результат вимірів ТІЕ вихідного сигналу інформаційної системи передавання мітки точного часу через корпоративну ІР-мережу НУБіП України. За результатами вимірів можна констатувати, що максимальне відхилення не перевищує однієї мікросекунди.

V. ВИСНОВКИ

Реалізація запропонованої ідеї в якості комплексу інноваційних засобів, що працюватимуть у складі єдиної національної синхронізаційної системи України від національного еталонного джерела, є реальною альтернативою закордонним супутниковим навігаційним системам. Система дозволить за рахунок диверсифікації

цифрової передачі синхросигналів забезпечити інформаційну живучість, підвищити надійність.

Рішення вказаної проблеми на державному рівні створить умови, по-перше, для підвищення інформаційної безпеки користувачів, і по-друге, для підвищення конкурентоспроможності на ринку за рахунок економічно ефективного інтегрованого надання послуг, як державним структурам, так і корпоративним споживачам.

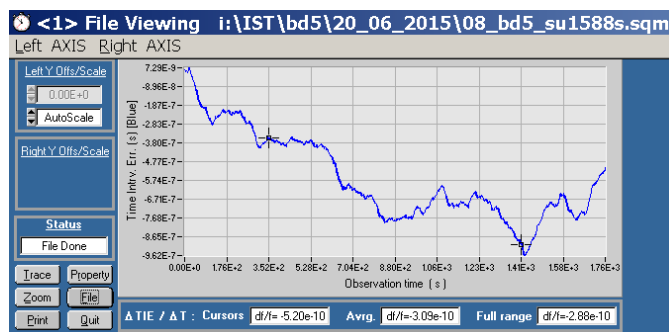


Рис. 1. Результат вимірів ТІЕ вихідного сигналу інформаційної системи передавання мітки точного часу через корпоративну ІР-мережу НУБіП

Важливим є те, що з реалізацією запропонованої ідеї створяться умови для інформаційної безпеки об'єктів критичної інфраструктури країни, а також будуть отримані прикладні результати подвійного використання для державних інституцій: збройні сили України, Держспецзв'язку, ДП «Укрметртестстандарт» і т.д. Запропонований комплекс інноваційних засобів не тільки забезпечить високоякісними еталонними сигналами єдиного часу, а також створить умови для ефективного синхронізаційного забезпечення інших об'єктів інфраструктури країни з найменшими витратами, та буде мати прикладні результати подвійного використання для збройних сил України, завдяки побудові єдиної національної синхронізаційної системи України - сучасної автономної наземної системи, незалежної від закордонних служб часу і частоти.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Stefano Bregni, "Synchronization of digital telecommunications networks", Translated from English, Moscow, Russia: Mir, 2003, pp. 3-456.
- [2] A. V. Ryzhkov, "Frequency and time in the information communications of the XXI century", Moscow, Russia: MAS, 2006, pp. 320.
- [3] V. I. Borshch, E. I. Korshun, Y. G. Tumanov, O. M. Chumak, "Signaling and synchronization in telecommunication systems", Kyiv, Ukraine: Scientific Opinion, 2004, pp. 5-128.
- [4] V. V. Koval, D. O. Kalian and O. V. Samkov, "Automated system of synchronization signal transmission using IP networks", Kyiv, Ukraine: NUBiP Ukrainy, 2016, pp. 3-182.
- [5] Velychko O. M., Kalian D. O., Koval V. V., Samkov O. V. Terminal devices for synchro-information systems with adaptive properties for IoT: Proceedings of the International Conference AICT-2017. Lviv, Ukraine, 2017, pp. 22-25. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8020056/>

Information Model for Potentially Detonative Object

Anastasiya Kovalenko
 Educational department
 Odessa National Academy of Food Technologies
 Odessa, Ukraine
 virgonass@gmail.com

Viktor Volkov
 Department of Theoretical Mechanics
 Odessa I.I. Mechnikov National University
 Odessa, Ukraine
 viktor@te.net.ua

Abstract—Arbitrary potentially detonative object is considered from the point of view of the system analysis as the complex hierarchical system. The first stages of elaboration of the information model for this complex system are fulfilled: the system is structurized, its elements are described with their attributes and relationships, and appropriate information structure diagrams are composed.

Keywords—detonation, potentially detonative object, elementary potentially detonative object, information model, structuring

I. INTRODUCTION

Progress in computing machinery and telecommunicational equipment enlarged greatly the human potentialities in sphere of the decision making for solving different problems. It concerns also the problems of prevention and mitigation of industrial and transport explosions. The explosion prevention is one of the most topical and most difficult problems of the present-day industry and up-to-date transport. There are two kinds of explosions: deflagration explosion (sometimes called simply “explosion”) and detonation. Detonations are more devastating and less studied than deflagration explosions. It is obvious the necessity of creating special program-technical systems to prevent detonations. Such a system (the computer complex) may be the decision support system (DSS). But to construct suitable DSS it is necessary to compose general information model for potentially detonative object of arbitrary type. Constructing of such information model is the main purpose of this study.

II. THE MAIN CONTENT

An arbitrary **potentially detonative object** (PDO) can be viewed from the standpoint of system analysis as a complex system. The architecture of this system consists of some components (subsystems) and of the hierarchical relationships between these components. As a matter of fact, hierarchy is the first feature of a complex system, since only systems with a hierarchical structure can be in principle investigated [1].

The first stage for the development of an information model of every system is its structuring.

The complex detonative explosive object is considered a potentially detonative object of the zero level with the number 1 (PDO₀). This object can be divided into subsystems; those subsystems are potentially detonative objects of the 1st level (PDO₁), each of which has its own individual number n_1 ($1 \leq n_1 \leq m_1$), where the general number of PDO₁

is equal to m_1 ; these potentially detonative objects of the 1st level are marked as PDO_{1_1}, PDO_{1_2}, ..., PDO_{1_m1}.

Some of the PDO₁ (for example, PDO_{1_i1}, PDO_{1_i2}, ..., PDO_{1_ik}, where $1 \leq i_1 \leq \dots \leq i_k \leq m_1$) can also be divided into subsystems – potentially explosive objects of the 2nd level (PDO₂), which are numbered as follows: - PDO_{2_1_i1_1}, PDO_{2_1_i1_2}, ..., PDO_{2_1_i1_m2,1}; PDO_{2_1_i2_1}, PDO_{2_1_i2_2}, ..., PDO_{2_1_i2_m2,2}; ...; PDO_{2_1_ik_1}, PDO_{2_1_ik_2}, ..., PDO_{2_1_ik_m2,k}. The general number of PDO₂ is equal to $m_2 = m_{2,1} + m_{2,2} + \dots + m_{2,k}$.

Some of the PDO₂ can also be divided into subsystems – potentially explosive objects of the 3rd level (PDO₃) in the general number of m_3 , and so on (Fig.1).

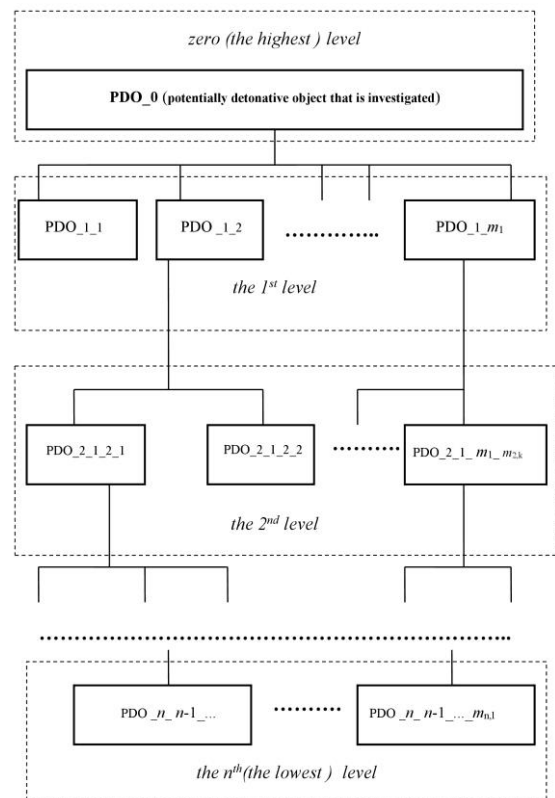


Fig. 1. The general structure of the complex potentially detonative object

The total number of sublevels in a complex potentially detonative object (which itself is considered an object of the

zero level) is not limited in principle and is largely determined by the developer of the information model. The developer, in turn, focuses on the specifics of the object and features of the formulation of the problem of ensuring detonation safety. The general structure of a complex potentially detonative object is shown in Fig.1. The numbering of the levels is “top-down”, i.e. the lower level has a larger number.

It is quite obvious that the generalized structure of a complex potentially detonative object can be represented by an oriented tree (a connected directed acyclic graph) [2] with a root corresponding to PDO_0. This graph (tree) can be sorted [2]; the outgoing degrees of all vertices, except the external ones (i.e., except the terminal nodes or leaves) are at least 2.

Fig. 2 shows a graph image for the structure of a complex potentially detonative object. The external vertices (terminal nodes) of the graph (tree) shown in Fig. 3 are vertices 2, 4,7,8,9,10,11,12. It is obvious that terminal vertices can be in any level, except zero level. The subsystems corresponding to the terminal nodes of the graph in the graph representation of the structure of a potentially detonative object, considered as a complex system, are the elementary components of the system. These components are called **elementary potentially detonative objects (EPDO)**.

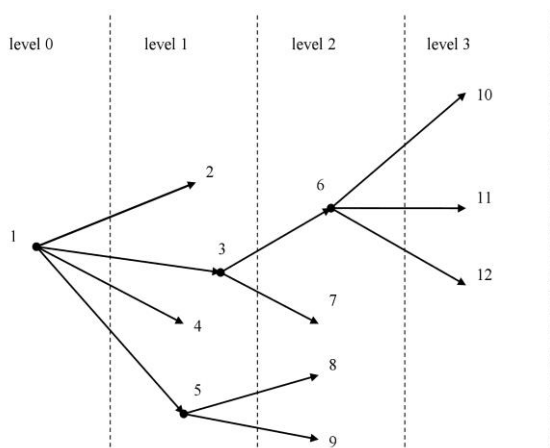


Fig. 2. Graph of the complex potentially detonative object structure

According to [1], the choice of elementary components of the system under study is relatively arbitrary and is largely determined by the researcher himself. However, such arbitrariness in the choice of the researcher is actually always limited: such a restriction is primarily dictated by the need to have all the information required for solving the task set about each of the elementary components of the system – its characteristics, possible states and reactions to the effects of other components of the system or external influences. In the case of modeling a potentially detonative object of an arbitrary nature, one of the following objects should be (to a certain extent) considered as an EPDO (model of a real object): 1. Open space; 2. Flat channel: a) infinite (unlocked), b) of the finite length, half-open (closed at one end), c) of the finite length, closed (closed at both ends), d) of the finite length, open (open at both ends); 3. Round cylindrical tube: a)

infinite (open), b) of the finite length, half-open (closed at one end), c) finite length, closed (closed at both ends), d) finite length, closed (closed at both ends). 4. Joint of two different objects of type 1-3 (for example, joint of two tubes with different diameters or channel output in the open space).

The choice of such potentially detonative objects as elementary is due to the following considerations:

- For objects of type 1-3, mathematical models have been developed [3-7], allowing to evaluate the possibility of the detonation explosion developing in each of such objects.
- For objects of type 4 there are investigations [5,8] for estimating the possibility of the detonation transition from one object of type 1-3 to another. Object of type 4 is principally new object in comparison with the information model of potentially explosive object [9]. The necessity of considering such object is connected with possibility of the detonation attenuation during the transition of detonation wave from tube or channel to open space or from tube or channel to another tube or channel with smaller diameter.
- Any real potentially detonative object can be virtually modeled by a composition (combination) of these elementary potentially detonative objects.
- Real potentially detonative objects or their components (subsystems) are easily identified as the above mentioned elementary potentially detonative objects.

Any PDO is characterized by physicochemical properties (dynamic properties) and geometry of its borders (walls) (static properties). It is the type of boundary geometry that allows (as was done above) to identify and simultaneously classify EPDO. The above classification of EPDO can be considered a topological classification (as opposed to other types of classification — systemic and parametric). Thus, 10 classes are distinguished. The object of each of these 10 classes of EPDO can be a model of some element (subsystem) of a real explosive system. The details about 9 classes of types 1-3 are outlined before [9].

Note EPDO of class 2 and 3 can simulate not only channels of rectangular cross section and pipes of circular cross section, respectively, but also pipes of elliptical cross section. Moreover, if the length of the major semiaxis of the ellipse in the section of the pipe slightly exceeds the length of its minor axis, then the pipe can be modeled with a circular section pipe with a radius of a circle equal to the length of the major axis of the ellipse, i.e. potentially explosive class 3 facility; if the length of the major semiaxis of the ellipse in the section of the pipe significantly exceeds the length of its minor semiaxis, then the pipe can be modeled with a rectangular channel with a rectangle within which this ellipse can be inscribed, and such a channel, in turn, is modeled as one of the potentially explosive objects of class 2.

Consider the completeness of the classification of EPDO. It is quite obvious that the only often-observed common element of real PDO not covered by the 10 classes mentioned above is a round tube with a bend. The detonative hazard of pipes even with a smooth bend is significantly higher than for

straight pipes. A detailed consideration of this problem shows [8,10,11] that the analysis of the detonation hazard of an object simulated by a curved circular tube, in one way or another, boils down to an analysis of the detonation hazard of an object that is simulated by a straight circular tube, i.e. one of the PDO of class 3. But at the same time, the obtained estimates of the detonation hazard are very approximate.

So the first stage of development of the information model for real PDO is its decomposition, which must be done by the rules described above. The indisputable advantages of such decomposition are its naturalness and the possibility of obtaining, along with the assessment of the detonation hazard of a complex PDO as a whole, the explosion rating of each of its subsystems. However, such a multi-level decomposition of PDO as a complex system is in most cases superfluous.

In fact, if one particularly evaluates the detonation hazard of each technological or technical subsystem of a complex PDO, then this object can be considered a simple set of EPDO. It should proceed from a simple postulate that the level of the detonation ability of a complex PDO as a whole corresponds (equal to or not less) to the level of the detonation ability which among all the elementary potentially detonative objects this PDO contains is maximum. Then a complex PDO (PDO_0) is represented by a system with only one sublevel containing "equal" EPDO, denoted as EPDO_1, EPDO_2, ..., EPDO_m, where m is the total number of such objects (Fig. 3).

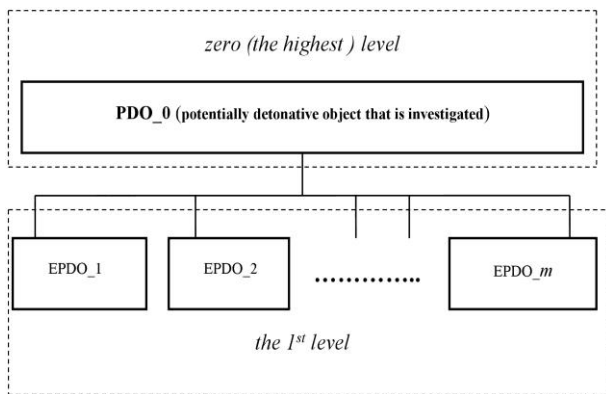


Fig. 3. Simplified structure of the complex potentially detonative object

Thus, the hierarchical structuring of a complex detonative system has been carried out. The next step after structuring in the information model developing is the identification of conceptual entities, or objects, which constitute the subsystem for analysis [12]. In the case of PDO, first of all it is necessary to identify the EPDO (with their attributes and relationships).

As a matter of fact it was done as it is done in [13]. The major difference is replacing of notions (and attributes) **Explosion hazard** and **Relative explosion hazard** by notions (and attributes) **Detonation hazard** and **Relative detonation hazard**.

Explosion hazard is fuzzy variable for estimation of the possibility of explosion (deflagration or detonation), **Detonation hazard** is fuzzy variable for estimation of the

possibility of detonation [14]. Algorithms for calculating these estimations are described before [13, 14]. **Relative explosion hazard** is fuzzy variable for estimation of the possibility of explosion when ignition already takes place. **Relative detonation hazard** is fuzzy variable for estimation of the possibility of detonation when ignition or deflagrative explosion already takes place. Algorithms for calculating of these estimations are also developed before [13, 14].

All kinds of EPDO are described with their attributes and with the relationships between them and with the complex PDO. Information structure diagram [12] for complex PDO is composed for general case. Information structure diagrams for different kinds of PDO are also built in general terms.

III. CONCLUSIONS

Arbitrary potentially explosive object is considered from the point of view of the system analysis as the complex hierarchical system. This system is structured, elementary potentially detonative objects are indicated. All kinds of these objects are described with their attributes and relationships. Information structure diagrams are also built.

REFERENCES

- [1] G. Booch, Object-oriented Analysis and Design With Applications, Santa Clara, California: Addison Wesley Longman, Inc., 1998.
- [2] D. Reinhard, Graph Theory, Berlin, New York: Springer-Verlag, 2005.
- [3] S.K. Aslanov, V.E. Volkov, "Integral method for study of hydrodynamic stability of a laminar flame", Combustion, Explosion and Shock Waves, Springer, vol.27, Nr. 5, pp. 553-558, 1991.
- [4] S. Aslanov, V. Volkov, "On the instability and cell structure of flames", Archivum combustionis, vol. 12, Nr. 1-4, pp. 81-90, 1992.
- [5] S. Aslanov, V. Volkov, "Instability and Structure of Detonation in a Model Combustor", in Application of Detonation to Propulsion, Moscow: TORUS PRESS, pp. 17-25, 2004.
- [6] V.E. Volkov, "Instability of Flames in Cylindrical Tubes and Combustors", Third International Symposium of Nonequilibrium Processes, Plasma, Combustion and Atmospheric Phenomena. Abstracts of presentations, Moscow: TORUS PRESS, p. 46, 2007.
- [7] V. Volkov, "Deflagration-to-detonation transition and the detonation induction distance estimation", Proceedings of Odessa Polytechnical University, Nr.1(43), pp. 120-126, 2014.
- [8] M. A. Nettleton, Gaseous detonations: their nature and control, Springer, 2013.
- [9] V.E. Volkov, "Information model of potentially explosive object. Part 1", Automation of technological and business-processes, Nr.9-10, pp. 3-11, 2012.
- [10] S.M. Frolov, V.S. Aksenov, I.O. Shamshin, "Detonation Propagation Through U-Bends" in Nonequilibrium Processes. Vol.1: Combustion and Detonation, Moscow: TORUS PRESS, pp. 348-364, 2005.
- [11] S.M. Frolov, V.S. Aksenov, I.O. Shamshin, "Shock-to-detonation Transition In Tubes With U-Bends" in Pulsed and Continuous Detonations, Moscow: TORUS PRESS, pp. 146-158, 2006.
- [12] S. Shlaer, S. J. Mellor, Object-Oriented Systems Analysis: Modeling the World in Data, Prentice Hall, 1988.
- [13] V.E. Volkov, "Information model of potentially explosive object. Part 2", Automation of technological and business-processes, Nr.9-10, pp. 3-9, 2012.
- [14] V.E. Volkov, "Decision Support Systems on Hazards of Industrial Explosions", Seventh International Symposium on Hazards, Prevention and Mitigation of Industrial Explosions: Thirteenth International Colloquium on Dust Explosions & Eighth Colloquium on Gas, Vapor, Liquid, and Hybrid Explosions. vol.3., St. Petersburg, pp. 343-347St., 2008.

Integrated Information System for Regional Flood Monitoring Using Internet of Things

Svitlana Kuznichenko
dept. of Information Technologies
Odessa State Environmental University
Odessa, Ukraine
skuznichenko@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7982-1298

Iryna Buchynska
dept. of Information Technologies
Odessa State Environmental University
Odessa, Ukraine
buchinskayaira@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0393-2781

Ludmila Kovalenko
dept. of Information Technologies
Odessa State Environmental University
Odessa, Ukraine
l.b.kovalenko@ukr.net
ORCID: 0000-0002-5920-1697

Tetiana Tereshchenko
dept. of Information Technologies
Odessa State Environmental University
Odessa, Ukraine
tereshchenko.odessa@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7691-6996

Abstract—In the work the methodology of creation of the integrated information system (IIS) for regional flood monitoring is proposed, which is based on a combination of technologies of Internet of Things (IoT) and geographic information systems (GIS). It has been shown that the effectiveness of flood forecasting and decision support for their caution, prevention and mitigation can be greatly improved through the use of the IIS, which provides input, processing, analysis and visualization of data from various sources of information. Important role in the structure of the IIS is the analysis of data, based on the combination of GIS and Multiple-criteria decision analysis (MCDA). It is shown that the inclusion of MCDA in GIS improves the intelligence of the system and improves the processing of spatial data. The proposed IIS prototype and the results of this study can be used for regional management of territories and water resources.

Keywords—flood monitoring, integrated information system, Internet of Things, geographic information systems; multiple-criteria decision analysis

I. INTRODUCTION

Recently, geographic information systems are increasingly used in the simulation of various natural processes and phenomena: floods, droughts, snowfalls, forest fires, etc. [1–3]. One of the most dangerous natural disasters is flood, the negative effects of which are observed on average 27% of the territory of Ukraine. Reliable monitoring and forecasting of floods are very important for supporting decision-making on cautioning, preventing and mitigating the effects of disasters by the relevant administrative authorities.

In this regard, it is very relevant to create a GIS-based integrated real-time information system for regional monitoring and flood forecasting. Such a system typically integrates a wireless sensor network for collecting meteorological and hydrological data in an interactive mode, that is, being built on the Internet of Things (IoT) [4].

Possibilities for creating information systems of this class are growing every year and are conditioned on the one hand by increasing the spatial and temporal capacity of the measuring equipment, the accuracy and detail of the recorded values, on the other hand by improving the sensors; Radio Frequency Identification Technology (RFID) designed for control elements identification by marking chips, not expensive CPUs suitable for mobile calculation by Internet means (large amount of sensor-provide data analysis); Wireless Sensor Networks (WSNs) enabling the creation of distributed, self-organizing sensor networks and devices that communicate with the radio channel independently; energy-efficient data transfer technologies (such as Bluetooth Low Energy (BLE), Near Field Communication (NFC), telecommunication technology.

The development of IoT technologies has led to an increase in data volumes that are difficult to process using DBMS data management tools and traditional data processing applications. Therefore, it is important to predict the storage of big data in data warehouses or cloud-based technologies.

Analysis of recent publications shows that there are many works in which authors analyze the application of IoT in urban planning and building smart cities [5, 6], in home automation [7], for environmental monitoring [8], in water management [9, 10], etc. In addition, individual technologies that are widely used in resource management and the environment are components of the IoT (RS, GPS, GIS,). So, the work [11], presents an integrated approach to water resource management based on geoinformatics, Enterprise Information Systems (EIS), and cloud services. Over the past few decades, a large number of studies have been conducted to assess the risk of flooding based on the combination of GIS and MCDA [12]. In this paper, the creation of an integrated flood monitoring information system is based on IoT for collecting and inputting data and GIS and MCDA for data analysis and visualization. Such an approach allows to

construct a hazard map and a vulnerability map with certain areas of different probabilities of their occurrence. Based on the appropriate maps, a decision can be made on flood risk management.

II. MATERIALS AND METHODS

A. Common framework of regional flood monitoring system based on IoT

Common framework of regional flood monitoring system based on IoT is shown in Fig. 1.

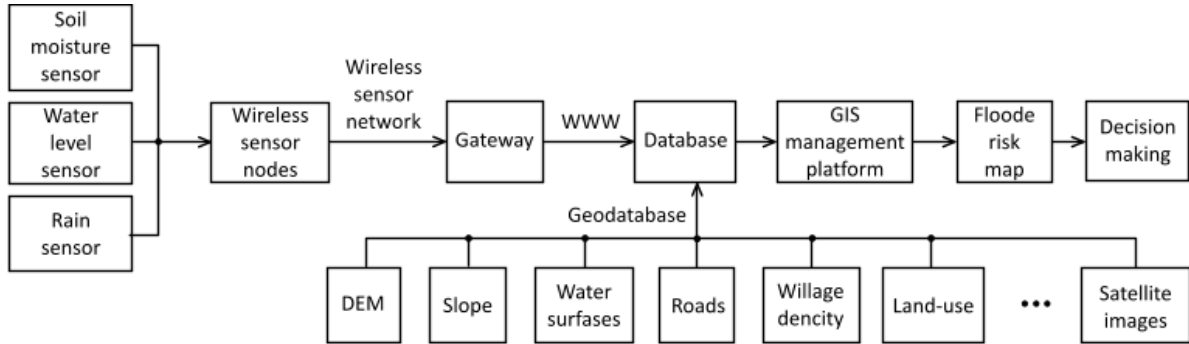


Fig.1. Common framework of regional flood monitoring system based on IoT

For real-time environmental data collection a wireless sensor network, which consists of separate sensors with autonomous power supplies, is used. Sensory node is the node of the core network, which is responsible for data collection. Each sensor automatically searches for the data receiver at the appropriate network address. Each sensor network has a communication server to connect the sensor network to an external network (Fig. 2).

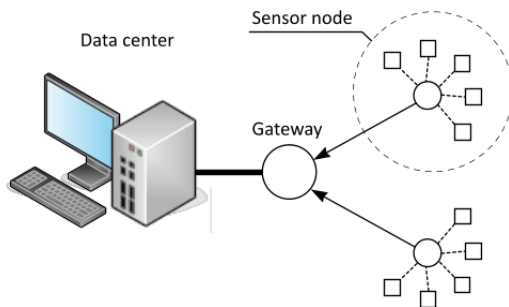


Fig. 2. Wireless sensor network structure

Through the gateway, information can be transferred to the monitoring center via the Internet (Ethernet, Wi-Fi, 3G/GPRS). For real-time data collection, remote sensing means [13] (namely satellites, balloons, airplanes and radar), mobile devices (that is GPS, 2G, 3G, 4G and LTE), IEEE 802.X (namely WiFi, Bluetooth and ZigBee), RFID and other sensors.

B. GIS multi-criteria methodology for hazard zones' mapping

The monitoring data enters the geospatial repository and can be used in spatial modeling and GIS analysis using special GIS platform libraries (ArcGIS, QGIS, MapInfo).

Flood risk map can be obtained by using the GIS-MCDA spatial model [14], which includes the following methods: boolean overlays, weighted linear combination (WLC), analytic hierarchy process (AHP), ordered weighted average (OWA), etc.

The methodology based on the GIS-MCDA spatial model consists of the following steps:

- 1) *Determination of the main purpose and hierarchical structure of the model.*
- 2) *Determination of the criteria influencing the flood.*
- 3) *Data collection and construction of spatial database criteria.*
- 4) *Model GIS-MCDA*
 - a) *Fuzzy standardization of criteria.*
 - b) *Creating pair-wise comparison matrix and the calculation of the normalized weight of the criteria (AHP).*
 - c) *Aggregation results (WLC).*
 - d) *Checking the results.*
- 5) *Model GIS-visualization of final decision and recommendations.*

C. Selection of criteria

Flood risk map is usually based on integrated hazard and vulnerability maps, so the criteria may differ for certain maps.

The hazard map is a zoning for the degree of flood hazard. The choice of criteria for constructing this map is usually based on expert assessments and field studies of a specific area. Usually, the following criteria are used to assess the flood exposure: elevation, slope, distance from water surfaces, rainfall, soil moisture (or groundwater level), soil type. The set of criteria may be partially changed for different territories.

Vulnerability is exposure to hazards. Each hazard type identifies different groups of risk-sensitive elements, therefore it is customary to build separate maps of vulnerabilities of the population, agriculture, transport infrastructure objects, etc. Therefore, for the construction of appropriate maps it is necessary to have maps of village density, roads, population density, land use, etc.

Each criteria that is taken into account when constructing a flood hazard map is presented in the form of a raster layer with a raster cell of the same size and is stored in the spatial geodatabase. The layers of the spatial distribution of rainfall and soil moisture can be obtained by interpolating reference points that contain values derived from the wireless sensor network. Other layers can be obtained using the spatial modeling tools of a particular GIS package based on data from different sources of information, such as satellite images.

Thus, the hierarchical structure of the flood risk assessment model will look like in Fig. 3.

D. Standardization of criteria

All sets of data should be standardized in units that can be compared. Frequently, fuzzy logic is used to standardize the criteria. Since the source data may have discrete or continuous values, discrete and continuous fuzzy standardization methods are used. The membership function is selected by experts in accordance with the physical characteristics of the investigated area. To assess the similarity of attributes, a continuous scale is used in the range from 0 to 1, where 0 is the least risky, and 1 is the most risky value of the attribute for the possibility of flooding. Fig. 4 shows an example of fuzzy standardization of the slope criterion using the linear membership function.

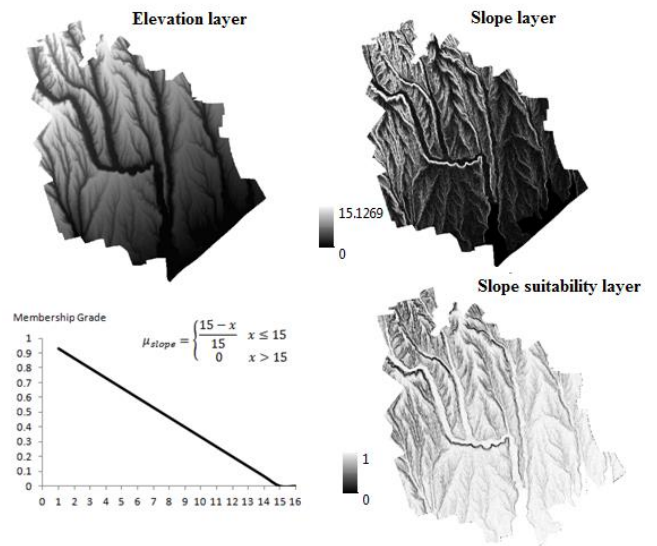


Fig 4. Fuzzy standardization Slope layer

E. Criteria weighing (AHP)

For calculation of the normalized weight of the criteria multicriterial technique AHP (Analytic hierarchy process) [14] is often used, which is based on a pair-wise comparison of elements at a given hierarchical level with respect to the elements at a higher level. Using the pair-wise comparison method (PCM), you can compare the criteria with each other and calculate their relative importance for the top-level element (goal). The result is a pair-wise comparison matrix based on the formula (1).

$$A = [r_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1j} \\ 1/r_{12} & 1 & \dots & r_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/r_{1j} & 1/r_{2j} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

where r_{ij} are numbers that represent the relative importance of the i -th element in comparison with the j -th in relation to the goal.

If, according to some criteria, it is possible to obtain objective quantitative estimates of elements, then the relation of these estimates is taken as a priority. When evaluating criteria on the basis of subjective judgments of experts, the 9-point scale of relative importance Saaty [15] is used.

At the next stage, there are eigenvalues and eigenvector of the matrix and a vector of local priorities is formed.

To control the consistency of expert assessments, two related characteristics are introduced - the Consistency Index (C.I.) and the Consistency Ratio (C.R.):

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (2)$$

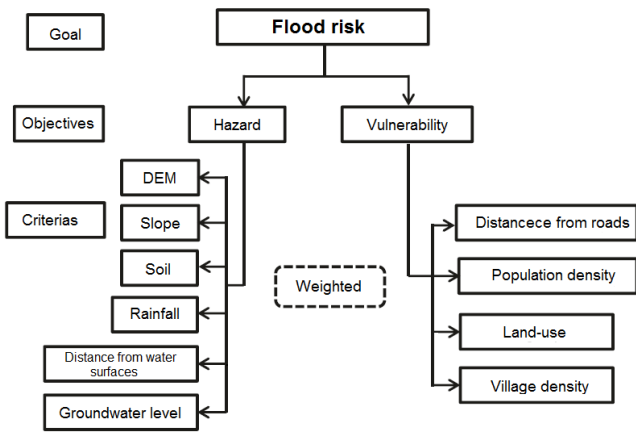


Fig. 3. Hierarchy of flood risk assessment

where n is the number of criteria and λ_{max} is the biggest eigenvalue.

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}, \quad (3)$$

where R.I. is the Random Inconsistency index that is dependent on the sample size. A reasonable level of consistency in the pair-wise comparisons is assumed if $C.R. < 0.10$, while $C.R. \geq 0.10$ indicates inconsistent judgments.

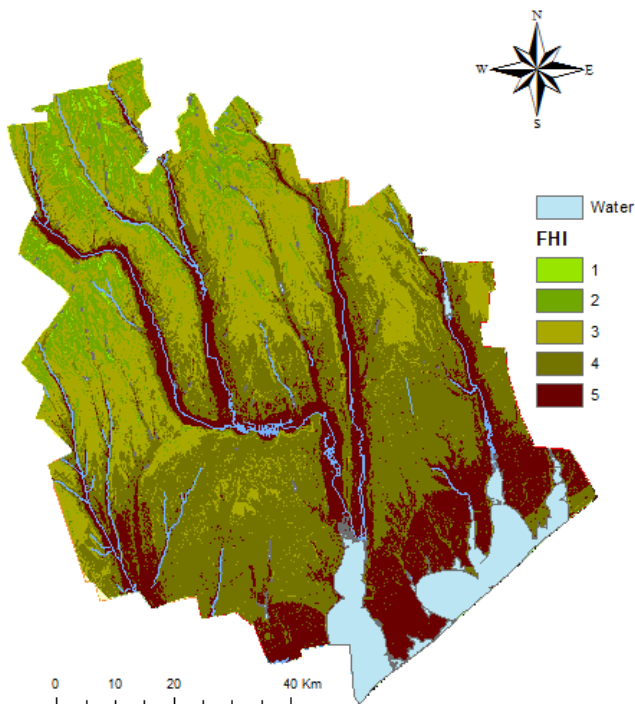
According to formula (1), an index of flood hazard index and a vulnerability index can be calculated. A flood risk map is the result of a combination of these two components (5).

$$S_{risk} = S_{hazard} \cdot S_{vulnerability} \quad (5)$$

III. RESULT AND DISCUSSION

The methodology proposed in this study was used to construct a flood hazard map for the southern areas of Odessa region, namely for the region including Tarutynskiy, Artsyzkiy, Tatarbunarskiy and Saratskiy districts.

The hazard map was presented in the same range of fuzzy values as the criteria from 0 to 1, and then reclassified to five classes of the Flood Hazard Index (FHI) from very low (FHI = 1) to very high (FHI = 5). The raster cells with higher values characterize the territory more risky in terms of flooding. The final flood hazard map is presented in Fig. 5.



F. Aggregation of the composite map

To obtain a composite map in the GIS they most often use the technique of Weighted Linear Combination (WLC) [14], which is based on the weighted average calculation (4).

$$S = \sum w_i x_i \quad (4)$$

where S is hazard index, w_i is normalized weight of the criteria i , and x_i is fuzzy flood hazard value according to criterion i .

Thus, the weight of the criteria derived from the AHP is multiplied by the fuzzy cell of each criterion, and as a result, the resulting composite flood hazard map is generated.

Fig 5. Flood Hazard Map

The analysis of the results of cartographic modeling has shown that the area with the greatest danger of flooding is 27% (1757 km²) of the investigated territory. On the other hand, 9.8% (640 km²) do not have a real danger of flooding (FHI = 1, FHI = 2). The most dangerous central and southern parts of the region, which are located on the plains along the riverbeds.

The simulation results are in good agreement with the maps of flooding of the territory based on historical flood data, which took place in September 2013. These cards have been provided by Odessa Regional Water Resources Management Agency.

IV. CONCLUSION

The work proposes a methodology for creating an integrated regional flood monitoring information system based on a combination of Internet of Things and geographic information systems. IoT technologies are used to collect and enter of data, GIS and MCDA are used for analysis and data visualization. This approach allows to construct maps of hazard and vulnerability of flood, on the basis of which a flood risk map can be obtained. The proposed IIS prototype and the results of this study can be used for regional management of territories and water resources of different regions with similar geographical characteristics. It should be noted that the model can be improved through the use of modern WEB-technologies.

REFERENCES

- [1] Tomaszewski B. Geographic information systems (GIS) for disaster management. CRC Press, 297 (2014) .
- [2] S. Kuznichenko, L. Kovalenko, I. Buchynska, Y. Gunchenko, "Development of a multi-criteria model for making decisions on the location of solid waste landfills". Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2018. Vol.2, No. 3(92). P. 21–31. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.129287
- [3] S. Kuznichenko, Yu. Gunchenko, I. Buchynska, "Fuzzy model of geospatial data processing in multi-criteria suitability analysis". Collection of scientific works of the Military Institute of Kyiv National Taras Shevchenko University, 2018. Vol. 61. P.90–103.
- [4] Dr. V. Bhuvaneshwari, Dr. R Porkodi. The Internet of Things (IoT) Applications and Communication Enabling Technology Standards: An

- Overview. International Conference on Intelligent Computing Application, pp. 324-329 (2014).
- [5] M. Mazhar Rathore, Awais Ahmad, Anand Paul, Seungmin Rho. Urban planning and building smart cities based on the Internet of Things using Big Data analytics. *Computer Networks* 101, pp. 63–80 (2016).
- [6] Andrea Z, Nicola B, Angelo C, Lorenzo V, Michele Z. Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet Things J* 1(1), pp.22–32 (2014).
- [7] B. R. Pavithra, D. Iot based monitoring and control system for home automation, pp. 169 – 173, (2015).
- [8] Murat Dener. Development a New Intelligent System for Monitoring Environment Information using Wireless Sensor Networks. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. IJISAE, 5(4), pp. 237-241 (2017).
- [9] T. Robles, R. Alcarria, D. Martin, and A. Morales. An Internet of Things-based model for smart water management,” in Proc. of the 8th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA’14), Victoria, Canada. IEEE, pp. 821–826 (2014).
- [10] Poonam J, Chavan, Manoj AM IoT Based Water Quality Monitoring. *Int J Modern Trends Eng Res* 3(4), pp. 746–750 (2016).
- [11] Shifeng Fang, LidaXu, Huan Pei , Yongqiang Liu, Zhihui Liu, Yunqiang Zhu, Jianwu Yan and Huifang Zhang. An Integrated Approach to Snowmelt Flood Forecasting in Water Resource Management. *Industrial Informatics, IEEE Transactions*, Volume:10 ,Issue: 1, April 2013, pp. 548 – 558 (2013).
- [12] Brito M., Evers M.. Multi-criteria decision-making for flood risk management: a survey of the current state of the art. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 16, 1019-1033 (2016).
- [13] Jensen, J.R.. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, 2nd Edition. Pearson.Prentice-Hall, Inc.: Upper Saddle River, NJ., 592 pp. (2007), ISBN 0-13-188950-8
- [14] Malczewski J., Rinner C. *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. Springer Science+Business Media New York, 33 (2015)
- [15] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, Mcgraw-Hill, New York, NY. (1980)

Problems of Automation of the Workflow Process in the Higher Education Institutions

V.I. Kyrychenko

Educational department

Odessa National Academy Of Food Technologies

Odessa, Ukraine

rekvuem@gmail.com

V.E. Volkov

Department of Theoretical Mechanics

Odessa I.I. Mechnikov National University

Odessa, Ukraine

viktor@te.net.ua

Abstract—Problems connected with the automation of the document flow in higher education institutions are investigated. There are no automated control systems aimed to optimal control of the document flow today. The document flow is studied as specific technological process and special information technology. Proper analysis of the documentation flow of orders for the expulsion of students is done as an example. It is proved that full automation is impossible. It is proved also that control of the document circulation and the documentation flow must be not only technological (by signals), but also organizational (by directives), and the problem of optimization for the control of the document flow must be solved simultaneously with the problem of the control and not after it (as usual).

Keywords—document flow, higher education institutions, control, automated control systems, optimal control, information technology

I. INTRODUCTION

Document flow is an activity on the conduct of the movement of documents at the enterprise (office, institution). For every single document such movement takes place from the moment of document's creation or the moment of its receipt from the other organization to the moment, when appropriate actions are completed: sending the document to other organizations and/or sending it to the archive.

There are lots of problems connected with the document flow in higher education institutions. These problems can be divided into three main groups:

- receipt of documents by executors (performers) after the required terms, which makes it impossible to carry out the necessary actions on time;
- contradictions between different documents, which lead to impossibility of immediate execution of necessary actions and prolong the document processing;
- duplication of documents, which also leads to increasing the time for the document processing.

All these problems are typical for the document flow in any large organization or big enterprise (not only in a college, an academy or a university).

One of the ways to solve problems of the document flow is to automate this process. Automation of the document flow and its optimal control is the main problem to which the present study is dedicated.

II. THE MAIN CONTENT

There are automated control systems (ACS) aimed to control document flow [1], but these systems do not meet present-day requirements of the higher education institutions in Ukraine.

Improvement of ACS for the document management requires not only the implantation of modern information technologies and computer facilities. It is necessary to improve or to change completely organizational, mathematical, information and software support of the ACS [2]. It should be noted also that the problem of optimal control of the document flow has never been considered.

Effective automated control of the document flow needs adequate model of this process. In turn, modeling of the document flow requires to analyze carefully the document flow as a control object. Such analysis is one of the main aims of this study.

Analyzing the document flow as a control object it is possible to consider:

- single document (order, directive, etc.);
- directly the flow of documentation (it is called also the workflow);
- technological documental process as a whole.

Firstly let us consider flow of documentation as a control object.

There are:

- input documentation flows;
- internal documentation flows;
- output documentation flows.

Let us consider as an example the documentation flow of orders for the expulsion of students. To prepare these orders it is necessary:

- to collect all examination results or test results and to analyze these data from the point of view of operating procedures, internal instructions and national laws central legislations), and then to form lists of students for expulsion;
- to make projects of orders, to coordinate orders with various managers and structures;
- to issue already agreed orders;
- to send out orders to the appropriate executors.

Every operation looks rather simple, but combining of different operations leads to the mentioned above difficulties. It is typical for most of the different documentation flows in a higher education institution (not only for the documentation flow of orders for the expulsion of students).

It is also clear that errors in processing of the documentation flow of orders for the expulsion of students can be rather significant, since they affect the fate of people. Some of these errors can be defined as critical errors. Such (critical) mistakes must be avoided at all costs. That is one of the reasons, why the process can't be automated fully (that means that participation of human beings in the mentioned above process is absolutely necessary).

Proper analysis of the documentation flow of orders for the expulsion of students as technological process makes it possible to highlight control parameters and managed parameters. Orders for the expulsion of students are typical one (precisely for universities, colleges and faculties). So mentioned above analysis can be extended to other types of orders in higher education institutions.

The control objective is to minimize the time for movement of orders from initiators to executors, but without increase in the number of critical errors. So the problem of the optimal control of the document flow is inextricably linked with the problem of control (regulation) of the document flow. But optimization must be achieved without losses in reliability, i.e. without increasing of number of errors and with preventing of critical errors.

Achieving of this objective requires not only technological actions and technical novation's (using modern computers and devices, Internet or intranet technologies and cloud computing), but also making organizational arrangements.

So control of the document flow and the documentation circulation is not only the problem of technological (technical) control, but it is closely linked with problems of the organizational management. This is exactly the case when one can speak not about purely technological control, but about organizational and technological control (management). Furthermore, it is very difficult (and sometimes impossible or meaningless) to conduct technological control of the document flow without preliminary organizational decisions or activities.

Technological control is carried out by signals, while organizational control (management) is carried out by

directives and orders. By the way such organizational control also must be optimized.

It is also obvious that control systems aimed to control document circulations or documentation flows in higher education institutions (and in other big organizations) can be only automated systems, but can never be automatic systems. Full automation of the document flows control is impossibility. The reason of that is connected with strong influence of human factor on the process of the document circulation.

The process of the document flow itself can be considered as a special information technology (technology of accumulation, processing, storage and transmission of information). A characteristic feature (even attributive feature) of the implementation of any information technology (especially in the transmission of information, i.e. communication, and in the processing of information) is the presence of a creative element. This creative element is always connected with people who have "only" to adopt this technology. So the document flow processing needs creativity coupled with precision and execution of rules. It can be named "robust bureaucracy".

III. CONCLUSIONS

The following conclusions can therefore be drawn from the foregoing.

– There are no automated control systems aimed to optimal control of the document circulation, because the problem of optimization for the document circulation has never been considered (surprisingly!). There are ACS for control of the document circulation, but these systems are not effective enough, because they are obsolete (at least morally) and they are aimed to carry out only technological (technical) control without improving or changing organizational management.

– Problems connected with the document flow in higher education institutions are similar to such problems in any big office or organization. But ways of solving these problems in a higher education institution are more or less specific, because they are connected with the features of educational process. The main purpose of automation in this case is not to increase the incomes of the higher education institution (although it also has a role to play), but to improve the quality of educational process and, as a result, to raise the level of education

– Effective control of the document flow needs adequate model of this process. By the way mathematical model of the document circulation must be rather simple (because connections between input parameters and output parameters are not complicated for such processes).

– The objective of control of the document circulations is to minimize the time for movement of documents from their initiators to direct executors. But such a reduction in time cannot be achieved by increasing of the number of errors.

– Control of the document circulation and the documentation flow must be not only technological, but also

organizational. Organizational control (organizational management) almost always precedes technological one, but they are closely related. Appearance and implementation of technical innovations and new classes of hardware and (especially) software very often lead to the necessity of organizational changes.

– The process of the document flow (either in higher education institutions or in other organizations) cannot be automated fully.

– The process of document circulation can be considered and studied as a special information technology. Therefore, all the laws of information technology are also valid for the document circulation. Since the implementation of information technology is impossible without the essential participation of a human being, then, as indicated above, a document circulation cannot be automated fully.

REFERENCES

- [1] Avtomatizaciya dokumentooborota. Organizaciya elektronnoho dokumentooborota na predpriyatii v voprosakh i otvetakh. Avtomatizirovannye sistemy dokumentooborota [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.directum.ru/425833.aspx> (data obrashcheniya: 10.12.2016).
- [2] [2] R.C.Dorf, R.H. Bishop, Modern Control Systems, Prentice Hall, 2001.

Інформаційна Технологія З Перетворенням Різнорозмірних Даних Для Прогнозування Стану Технічних Систем

Андрій Левченко

*Кафедра Системного програмного забезпечення та
технологій дистанційного навчання
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Одеса, Україна
katyaandreylev@gmail.com, a.levchenko@onu.edu.ua*

Information Technology With the Transformation of Multi-Dimensional Data To Predict the State of Technical Systems

Andrii Levchenko

*dept. of System software and distance learning technologies
Odessa National University named after. Mechnikov
Odessa, Ukraine
katyaandreylev@gmail.com, a.levchenko@onu.edu.ua*

Анотація—робота спрямована на обґрунтування напрямків розвитку гарантоздатних методів прогнозування стану складних технічних систем підвищеної небезпеки. Зазначені ймовірні витрати працездатності апаратно-програмних комплексів під час вирішення типових задач прогнозування за різнорозмірними даними. Описано метод представлення довгих чисел в двійковому коді за допомогою цілочисельних масивів.

Abstract—work aimed at substantiating directions of development of reliable methods for predicting the state of complex technical systems of high danger. The indicated probable sources of disability of hardware-software complexes (systems of diagnostics of the second kind) during solving typical tasks of forecasting on the various sizes data. The indicated probable sources of disability of hardware-software complexes (systems of diagnostics of the second kind) during solving typical tasks of forecasting on various sizes data. The method of representation of long numbers in a binary code by means of integer arrays is described. The essence of the method is the representation of numbers in the form of a base and a mantissa, and it allows eliminating rounding errors during solvations of linear algebraic averages of large dimension.

Ключові слова—гарантоздатні методи прогнозування, втрата працездатності програмного забезпечення, різнорозмірні дані, представлення довгих чисел в двійковому коді.

Keywords—guaranteed methods of forecasting, loss of software, multi-dimensional data, representation of long numbers in binary code.

I. ВСТУП

Необхідність виконання вимог до підтримання справного стану складних технічних систем (СТС) обумовлює пошук нових шляхів організації обслуговування цих систем. В галузі технічного обслуговування і ремонту перспективним шляхом організації системи обслуговування тривалий час вважається реалізація стратегії обслуговування СТС за станом [1].

На жаль, значення діагностичних параметрів, які визначають справність СТС ПН, відрізняються різнорозмірністю, що накладає додаткові вимоги до обчислювального забезпечення систем діагностики та інформаційно-вимірювальних комплексів на їх базі. Це

робить неможливим достовірний прогноз часу виходу параметрів за межі допусків відомими методами [2, 3].

Для СТС підвищеної небезпеки (СТС ПН), відмова яких може призвести до катастрофічних наслідків, обов'язково проводять контроль стану перед застосуванням. Але вихід діагностичних параметрів за межі поля допусків, що приводить до відмови, настає іноді й під час застосування СТС ПН за призначенням після обслуговування [4]. Для літаків та ракет це означає відмову обладнання в повітрі.

Крім того неможливість достовірного прогнозу стану за різнорозмірними даними і, як наслідок, відмова від впровадження стратегії обслуговування за станом призвела, за оцінками Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО), до матеріальних витрат тільки в аерокосмічній галузі у 670 мільйонів доларів в 80-90-х роках ХХ сторіччя [6].

Спроба переходу до обслуговування за станом для складових систем управління зброєю та розвідувально-ударними комплексами призвела до розроблення автоматизованої системи метрологічного супроводження з прогнозуванням (АСМСП), вбудованих систем технічної діагностики з прогнозуванням (ВСТДП) та систем підтримки прийняття рішень (СППР) про стан технічних об'єктів з числовим вимірювальним контролем. Але їх впровадження не було здійснено за неможливістю розв'язання низки проблем а подальші роботи з розвитку відповідних методів фактично припинено в 90-х роках ХХ сторіччя [1-5]. Подальші дослідження набули теоретичного характеру й найбільш активно проводились у Московському інституті експертизи та випробувань.

Згадані проблеми впливають, з того, що існуючі інформаційні технології представлення чисел в СППР та проведення обчислень за різнорозмірними даними виходять за межі застосування теорій математичної та робастної статистики. Це висуває основну вимогу до інформаційних технологій (ІТ) перетворення різнорозмірних даних для прогнозування стану СТС ПН в АСМСП, ВСТДП та СППР – гарантування достовірного прогнозу часу виходу за межі допусків числового значення діагностичного параметру, що призводить до відмови СТС ПН [2, 3, 5, 7]. Необхідність виконання зазначеної вимоги перетворює АСМСП, ВСТДП та СППР в систему підтримки прийняття гарантованого рішення (СППГР) про технічний стан СТС ПН.

Таким чином була поставлена мета досліджень з визначення напрямків розвитку та подальша розробка теоретичних основ до створення ІТ для прогнозування стану складних технічних систем підвищеної небезпеки з перетворенням різнорозмірних даних в СППГР. А завдання практичної реалізації відповідних інформаційних технологій набуває нового значення.

II. ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПРИЙНЯТІ ОБМЕЖЕННЯ НА ПРАКТИЧНУ РЕАЛІЗАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ

Технологічна база України на сучасному етапі, характеризується значним парком СТС ПН розробки 70-90-х років ХХ сторіччя (а в деяких випадках й 60-х років), обмеженим фінансуванням промисловості, розірванням економічних зв'язків підприємств, необхідності закупівлі значної кількості комплектуючих в країнах колишнього СРСР. Існує проблема нерозв'язаності правових питань узгодження порядку проведення робіт з обслуговування СТС ПН.

Ця сукупність проблем обумовили складність, а в окремих випадках і неможливість виконання вимог до систем технічного забезпечення експлуатації запропонованих розроблювачами СТС ПН з одного боку. А з іншого боку робить фантастичними деякі заяви науковців з вигаданості питання. Заклики цих науковців вирішити завдання шляхом введення в експлуатацію на Україні суперкомп'ютерів та забезпеченням використання міжнародних комерційних електронних бібліотек спрямовані більше на обґрунтування підвищення їх державного фінансування.

Задачі прогнозування стану СТС ПН вирішуються за даними експериментальних досліджень, значення яких завжди є сумішшю: сигнал та завада (шум, помилка вимірювання). Для визначення рекомендацій щодо забезпечення працездатності математичного забезпечення підсистеми прогнозування попередньо слід створити умови проведення розрахункових експериментів наближених до реальних. Результатом математичних експериментів доцільно визнати побудову регресійної моделі правильної структури та визначення ступеню завадостійкості методів її побудови [5].

Моделі будуються за зашумленими даними тому попередньо було забезпечено розвиток методів формування контрольних сумішів даних з визначеним рівнем сигнал/завада в контрольних даних.

Розв'язок завдання було досягнуто шляхом послідовного вирішення трьох часткових задач.

- Виявлення витоків втрати працездатності апаратно-програмних комплексів (систем діагностики другого роду) СТС ПН під час вирішення типових задач прогнозування [7].
- Розроблення методів реалізації математичного забезпечення для апаратно-програмних комплексів систем підтримки та прийняття рішень (вбудованих систем діагностики другого роду), що дозволяють забезпечити їх працездатність [8-11].

Під працездатністю в дослідженнях розумілося знаходження для обраної моделі оптимальної складності правильної структури та найбільш точних числових значень коефіцієнтів

апроксимуючого поліному за статистичними даними зашумленими похибками вимірювань.

- Надання практичних рекомендацій побудови апаратно-програмних комплексів в яких реалізуються ІТ розв'язання перших двох задач.

Окремо в дослідженнях обмежено й можливості апаратної реалізації відповідних апаратно-програмних комплексів систем діагностики другого роду (ПАК) та вимоги щодо використання операційних систем.

III. Шляхи Розв'язання Завдання Гарантоздатного Прогнозування Стану СТС ПН Програмно-Апаратними Комплексами

Сучасне математичне забезпечення систем діагностики з прогнозуванням будується з використанням самоорганізаційних алгоритмів. Ці алгоритми за наперед обраним критерієм вибирають модель оптимальної складності. В цьому випадку помилка статистичних даних мінімальна.

Вирішення задачі прогнозування стану СТС ПН проводиться в підсистемі прогнозування ПАК за комбінаторним алгоритмом. Тобто за допомогою повного перебору всіх можливих варіантів структур моделей із повного базису і вибору найкращої моделі по заданому зовнішньому критерію (набору критеріїв) при використанні всіх можливих варіантів перебору даних вхідної вибірки.

Згідно апроксимаційної теореми Вейерштрасса (Стоуна-Вейерштрасса), для будь якої безперервної функції на відрізку можна підібрати послідовність многочленів, рівномірно збіжних до цієї функції на відрізку. Для знаходження правильної структури та найбільш точних числових значень коефіцієнтів апроксимуючого поліному необхідно знати:

- загальну кількість всіх можливих варіантів структур;
- кількість всіх можливих варіантів перебору вибірок вхідних даних з загальної вхідної вибірки;
- критерій відбору правильної структури та коефіцієнтів досліджуваного апроксимуючого поліному.

Загальна кількість всіх можливих варіантів структур обчислюється за відомими співвідношенням. А загальна кількість всіх можливих варіантів перебору вибірок вхідних даних з загальної вхідної вибірки обчислюється за формулою комбінаторики для вибору без повторення і без врахування порядку.

Згадана теорема обумовлює обмеження на структуру модельної залежності відповідно кількості статистичних (вихідних) даних та реалізацію процедур перехресного екзамону.

Для обґрунтування структури методики перевірки працездатності математичного забезпечення ПАК прогнозування стану СТС ПН проведено аналіз змісту математичного забезпечення підсистеми прогнозування їх стану.

Встановлено що при відновленні функціональних залежностей можуть бути виділені різні постановки задач, які зводяться до однієї і тієї ж математичної схеми - мінімізації середнього ризику за емпіричними даними. Ці постановки розрізняються за тим, в якому класі функцій ведеться відновлення шуканої залежності: в простому класі - класі індикаторних функцій (задача розпізнавання образів); в класі функцій більш складної природи, що належать безлічі інтегрованих з квадратом функцій (задача відновлення регресії); чи в класі функцій, що є образом деякого іншого класу функцій (завдання інтерпретації результатів непрямих експериментів).

Однак ці особливості задач відновлення залежностей є частковими, і тому основний напрям досліджень в кожній з них пов'язаний з вивченням загальної схеми мінімізації середнього ризику за емпіричними даними.

Для нашого випадку це :задача прогнозування стану в математичній постанові зводиться до побудови регресійної залежності та завдання побудови регресійної залежності по статистичним даним (данам експериментів або вимірювання) зводиться до розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

В дослідженнях проведено порівняльний аналіз методів розв'язків ЛАР, що частіше використовуються в математично програмному забезпеченні систем діагностики другого роду. Результати порівняльного аналізу показали, що внаслідок немінучих округлень результати навіть точних методів є наближеними до того ж оцінка похибки коренів у загальному випадку ускладнена. При використанні ітераційних процесів, більш того добавляється ще й похибка метода. Крім того ефективність використання ітераційних методів, суттєво залежить від вдалого вибору початкового наближення і швидкості сходження алгоритму.

При порівнянні точних методів вирішення системи лінійних рівнянь, а саме правила Крамера та методу Гауса з вибором головних елементів, використовувалась ПЕОМ з параметрами: процесор Intel(R) Core(TM) Duo CPU T2300, частота процесора 1.66 ГГц, об'єм оперативної пам'яті 1 ГБ, об'єм файлу підкачки 382 МБ. Вибір зазначеного апаратного забезпечення обумовлений накладеними обмеженнями.

В підсумку розрахункового експерименту визначено, що метод Гауса з вибором головного елемента має значно кращі часові показники вирішення системи ЛВР, та може бути використаний для вирішення системи ЛАР великого порядку. Він найбільш вигідний для вирішення ЛАР загального виду з щільно заповненою матрицею.

Для проведення перевірки правильності та працездатності підсистеми прогнозування ПАК зі

знаходження точної структури прогнозованої залежності розроблено методику перевірки працездатності програмного забезпечення з використанням розробленого методу спотворення вхідних даних.

Метод дозволяє змоделювати еталонні суміші сигнал/шум з нормальним законом розподілу. Формування еталонної вибірки шумів полягає в генеруванні по нормальному закону розподілу вибірки такої ж розмірності як і вибірка вхідних (не зашумлених) даних з заданою абсолютною середньою величиною від величини чисел вхідних даних.

В методі до першого числа вибірки генерованої по поліному добавляється одне з чисел вибірки генероване по нормальному закону розподілу. Порядок в якому добавляються числа визначається датчиком випадкових чисел. Використання датчика випадкових чисел робиться для того, щоб уникнути накопичення неправильних результатів в області одних і тих самих значень. В результаті отримується вибірка зашумлених еталонних даних з заданим значенням сигнал/завада, де завада розподілена по нормальному закону розподілу. Як наслідок в дослідженнях отримав подальший розвиток метод перевірки працездатності математичного забезпечення систем діагностики другого роду який полягає в розроблені методу генерування еталонних даних з заданим коефіцієнтом сигнал/завада. Розроблення методу дозволило визначити витоки втрати працездатності математичного забезпечення систем діагностики другого роду.

Проведені розрахункові експерименти показали неминучі втрати працездатності в зв'язку з округленням результатів обчислень, які пов'язані з обмеженою довжиною розрядної сітки ЕОМ (що зазвичай дорівнює 32 або 64 біта). Вже при складанні системи рівнянь та обчислені поліному 4 степені починають накопичуватися помилки які приводять до виродження матриці і унеможливають розв'язок системи ЛАР.

Таким чином були розв'язані витоки втрати працездатності математичного забезпечення підсистем прогнозування стану СТС ПН. Зроблено висновок що виродження матриць коефіцієнтів ЛАР здійснюється за рахунок накопичення похибок обчислень та округлень результатів розрахунків ЕОМ в двійково-шістнадцятирічній системі обчислень. Аналогічна проблема відома з методів що отримали назву: «некоректних задач».

Для вирішення цієї задачі розроблено метод представлення довгих чисел за допомогою цілочисельних масивів, який відрізняється від відомих методів представлення чисел в двійково-десятичному коді у вигляді бази та мантиси та дозволяє виключити похибки округлень, що в свою чергу забезпечує вирішення математичних задач з високою точністю (мається на увазі, при точних значеннях коефіцієнтів системи).

Особливістю розробленого методу представлення чисел є те, що довге число представлено не просто

масивом, а записом із додатковими полями: елементом масиву в якому зберігається розмір числа, елементом масиву в якому зберігається знак числа, елементом масиву в якому зберігається положення коми в числі та самим масивом чисел. В масиві значення зберігаються наступним чином: в першому елементі масиву зберігається молодша цифра (кількість одиниць), у другому — передостання по старшинству (кількість "десятків" системи числення) і т.д. При такому порядку цифри однакових розрядів знаходяться в елементах з однаковими індексами. Крім того, якщо після арифметичних дії змінюється кількість розрядів, то змінюється тільки вміст старших розрядів і зсувати цифри не доводиться.

Використання методу обрахунку з застосуванням масивів даних виключає округлення даних які пов'язані з представленням чисел в ЕОМ у вигляді характеристики та нормалізованої мантиси. Тобто забезпечується працездатність математичного апарату складних діагностичних систем, що дозволило розв'язати другу часткову задачу дисертаційного дослідження.

Розв'язок часткових задач створило передумови для надання практичних рекомендацій побудови ПАК підсистеми прогнозування стану СТС ПН з прогнозуванням.

IV. ВИСНОВКИ

В дослідженнях проведено порівняння працездатності математичного забезпечення з відомими методами представлення чисел. Порівняння проведено шляхом розрахункових імітаційних експериментів. Використання розробленого методу представлення чисел в дозволяє забезпечити працездатність математично-ПАК підсистем прогнозу стану СТС ПН при зашумлених даних до 20% з кількістю елементів вибірки до 12 значень. Це дозволяє будувати прогнозні залежності в класі степеневих рядів до 6 ступеня.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Левин С.Ф. Эксплуатация авиационной и ракетно-космической техники по техническому состоянию / Обзор. – Одесса: ОВВКИУ ПВО, 1988. – 50 с.
- [2] Блинов А.П., Левин С.Ф. Научно-методическое обеспечение гарантированности решения метрологических задач вероятностно-статистическими методами // Измерительная техника. – 1988. – № 12. – С. 8 – 10.
- [3] Левин С.Ф. Гарантированность программ обеспечения эксплуатации техники. – Киев: Знание. 1989. – 23 с.
- [4] Абрамов О.В., Розенбаум А.Н. Прогнозирование состояния технических систем. – М.: Наука, 1990. – 126 с.
- [5] С.Ф. Левин. Об основаниях теории измерительных задач [Online]. Available: http://pribory-si.ru/publication/index.php?ELEMENT_ID=5119
- [6] Левин С.Ф. Погрешности измерений и вычислений как причина «катастрофического феномена 1985–1986 годов» в авиационной и ракетно-космической технике. – Контрольно-измерительные приборы и системы. – 2000. – № 3. – С. 21-25

- [7] Левченко А.О., Войтенков Р.М. Витоки втрати працездатності систем діагностики ОБТ другого роду з представленням чисел з плаваючою комою // Сб. науч. труд. Sword. – Иваново: МАРКОВА АД, 2015. – Вип. № 1(38) Том 3. С. 4 – 11.
- [8] Левченко А.О. Генератор еталонних вибірок числових даних з заданим ступенем забруднення довільними значеннями //Scientific and Technical Journal
- [9] «Electrotechnic and computer systems», Международное научное издание. № 21(97), 2016
- [10] Левченко А.О., Войтенков Р.М. Граничні точності обчислень в інформаційних системах з представленням чисел із плаваючою комою // Збірник наукових праць ВА (м. Одеса), Випуск № 2 (2), 2014 р., С.157-161
- [11] Структура математичного забезпечення систем підтримки прийняття гарантованих рішень із прогнозуванням для розв'язку експлуатаційних задач// Інформаційні системи та мережі/Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2010.– №686. – С. 48 – 55.

Високонадійні Математичні Фібоначчі-Процесори

Володимир Лужецький
кафедра захисту інформації
Вінницький національний технічний університет
Вінниця, Україна
lva.kzi2002@gmail.com

Mathematical Fibonacci-Processors of High Reliability

Volodymyr Luzhetskyi
dept. of Information Protection
Vinnytsia National Technical University
Vinnytsia, Ukraine
lva.kzi2002@gmail.com

Анотація—Розглядаються питання побудови спеціалізованих математичних Фібоначчі-процесорів підвищеної надійності та продуктивності, а також операційних пристроїв, що входять до їхнього складу.

Abstract—Designing of mathematical Fibonacci-processors, which provide reliability and performance improvement, as well as operating devices those are part of them, is considered.

Ключові слова—математичні об'єкти; p -коди Фібоначчі; процесор, операційний пристрій, цифровий автомат, надійність

Keywords—mathematical objects; Fibonacci p -codes; processor; operating device; digital automaton; reliability

I. ВСТУП

Задача проектування обчислювальних систем часто формулюється як задача створення засобів високої продуктивності та надійності з урахуванням заданих обмежень на апаратні витрати. Основний шлях її розв'язання полягає у використанні спеціалізованих процесорів, які апаратно реалізують елементи математичних обчислень.

У сучасній комп'ютерній науці сформувалися три напрямки досліджень, пов'язані з інформаційним, алгоритмічним і структурним рівнями подання комп'ютерних засобів. Для кожного рівня характерні нерозв'язані задачі як загального плану, так і конкретного. Один із перспективних підходів, що охоплює всі три рівні, базується на використанні властивостей p -чисел Фібоначчі і золоті p -пропорції

[1–3]. Якщо для інформаційного та алгоритмічного рівнів існує достатньо розвинений теоретичний апарат [4–8], то на структурному рівні ще не повністю сформульовано принципи побудови "фібоначчієвих" спеціалізованих апаратних засобів високої надійності та продуктивності. Тому задачами структурного рівня є:

- розробка принципів побудови "фібоначчієвих" пристроїв з самоконтролем і апаратної реалізації оброблення кодованих математичних об'єктів;
- дослідження методів реконфігурації структур операційних пристроїв і процесорів, що реалізуються на основі структурних елементів з самоконтролем.

I. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ Ф-ПРОЦЕСОРІВ

Математичний Фібоначчі-процесор (Ф-процесор) — це цифровий пристрій, який виконує обчислення над математичними об'єктами, представленими p -кодами Фібоначчі, і може використовуватись або самостійно, або входити до складу обчислювальної системи. При цьому значення p визначається найскладнішим математичним об'єктом і математичні об'єкти різних типів кодуються єдиним p -кодом Фібоначчі. Конкретний тип даних указується за допомогою теги, який приєднуються до самих даних.

Основною особливістю p -кодів є наявність множини різних форм кодів для одного й того ж математичного об'єкту. Здійснюючи вибір тієї чи іншої форми p -коду, можна розв'язувати різні задачі, що виникають у процесі проектування цифрових пристроїв

(усування збоїв і відмов апаратури, самосинхронізація, знаходження та виправлення помилок під час передавання інформації, збільшення швидкодії, зменшення споживаної потужності та ін.).

Підвищення достовірності роботи засобів комп'ютерної техніки може бути досягнуто шляхом організації самоконтролю апаратури та її резервування.

Експериментальні дані [9] свідчать про те, що під час дії зовнішніх факторів (завад) ймовірність збоїв елементів, які перемикаються на декілька порядків вище, ніж ймовірність збоїв елементів, які не змінюють свого стану. Дана обставина висуває перед розробниками задачу контролю правильності перемикання елементів у процесі роботи цифрових пристроїв. Тобто в даному випадку мова повинна йти про апаратний контроль цифрових пристроїв.

Ефективним способом боротьби зі збоями є їх оперативне знаходження з наступним усуненням помилок. Звідси випливає концепція побудови цифрових пристроїв на основі структурних елементів з самоконтролем. Спеціальна апаратура здійснює обробку сигналів контролю і відновлення правильного функціонування після виникнення помилок внаслідок збоїв або відмов.

Реагування на помилки, які виникають в цифрових пристроях з самоконтролем, відбувається таким чином. Якщо помилку знайдено в молодших розрядах числової інформації, то в деяких випадках робота продовжується, оскільки помилку можна визнати незначною. Якщо схема контролю видала сигнал значної помилки, то обробка інформації в пристрої повторюється. Якщо причиною значної помилки є збій, то повторна реалізація алгоритму або операції забезпечує її виправлення. Якщо ж причиною значної помилки є відмова, то несправний структурний елемент відключається, а обробка інформації здійснюється на справному. Коли вичерпуються можливості усунення наслідків відмов, здійснюється аварійне зупинення.

Наведені правила реагування на помилки, які є наслідками збоїв та відмов, показують, що в системі, яка має резерв часу, усунення наслідків збоїв потребує тільки часових витрат, тоді як усунення наслідків відмов потребує часових і апаратних витрат, причому останні є додатковою або резервною апаратурою.

У випадках, коли в системі відсутній резерв часу, стійкість у відношенні як збоїв, так і відмов може бути досягнута лише при наявності резервної апаратури, яка виконує ті самі функції, що й основна апаратура. Якщо в основній апаратурі виникає збій або відмова, то безпомилкова інформація видається з резервної апаратури.

Для забезпечення високої надійності Ф-процесорів пропонується будувати їх на основі модулів з самоконтролем з можливістю реконфігурації структури як самих модулів, так і Ф-процесора. При цьому

система самоконтролю модулів забезпечує такі властивості:

- наскрізний контроль усіх інформаційних процесів, які відбуваються у процесорі та в системі, до складу якої він входить (зберігання, передавання, оброблення і керування);
- можливість оцінювання важливості або вагомості помилки для прийняття оперативного рішення про реагування на неї;
- висока ефективність знаходження збоїв, що виникають під час перемикання елементів (для операційних пристроїв і пристроїв керування);
- оперативність контролю, тобто знаходження помилок під час їх виникнення.

Висока продуктивність Ф-процесорів може бути досягнута не тільки за рахунок високої продуктивності операційного пристрою, що входить до його складу, але і за рахунок використання певної кількості таких пристроїв. В останньому випадку *p*-коди забезпечують можливість виконання арифметичних операцій, починаючи зі старших розрядів. Це дозволяє в єдиному потоці виконувати всі арифметичні й алгебричні операції і передавати результати для подальшої обробки, не чекаючи надходження молодших розрядів.

Наведені вище відомості дозволяють сформулювати такі принципи побудови високонадійних математичних Ф-процесорів:

- використання єдиного *p*-коду для представлення різних математичних об'єктів;
- використання тегу для вказання типу даних;
- використання послідовних і паралельних *p*-кодів для представлення даних;
- використання різних форм *p*-кодів для найефективнішої організації окремих модулів;
- оперативний наскрізний контроль процесів зберігання, оброблення і передавання інформації;
- використання функціонального і кодового контролю модулів;
- реконфігурація структури у разі відмов апаратури.

II. ФУНКЦІОНАЛЬНО-СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ Ф-ПРОЦЕСОРІВ

Для синтезу структур високонадійних математичних Ф-процесорів пропонується використовувати функціонально-структурний підхід, що базується на концепції багатофункціональності і спеціалізації елементів, підсистем і систем. У процесі багаторівневої декомпозиції цільової функції системи формуються основні і додаткові функції, що

реалізуються окремими підсистемами, а також макро- і мікрофункції окремих елементів, які знаходяться на різних рівнях функціонально-структурної організації системи.

Нехай Ф-процесор визначеним чином приєднаний до обчислювальної системи, робочим кодом якої є класичний двійковий код, і джерелом заявок $\{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ для нього є l командних процесорів. Схему проходження заявок у Ф-процесорі наведено на рис. 1. Появлення заявки z_{ij} на вхідних шинах Ф-процесора приводить до ініціювання процесу "ВХІДНИЙ ДИСПЕТЧЕР" (DI), який визначає тип заявки і формує черги Q_i згідно з прийнятою дисципліною обслуговування. Наявність черги Q_i приводить до дії процес перетворення кодів вхідних даних - "Вхідний Перетворювач" (TI). Після перетворення ініціюється процес оброблення заявок - "Обчислювальний Процес" (CP). По закінченню оброблення заявки починає реалізовуватись процес перетворення кодів результатів - "Вихідний Перетворювач" (TO). Завершення процесу перетворення приводить до дії процесу "Вихідний Диспетчер" (DO), який збирає готові результати

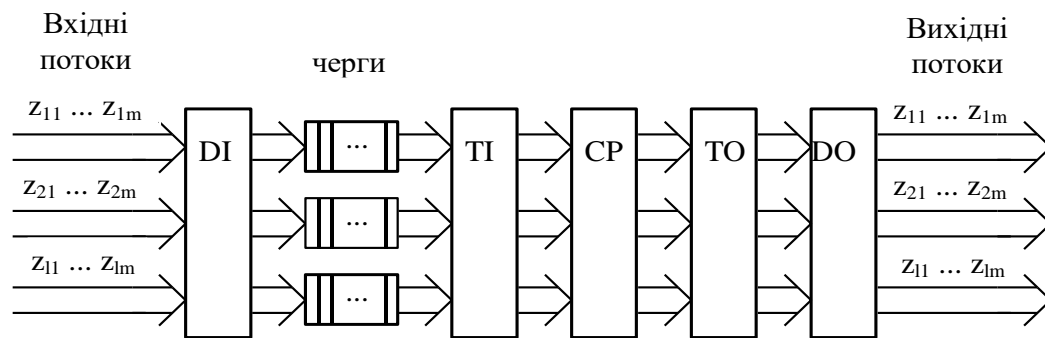


Рис. 1. Схема проходження заявок в Ф-процесорі

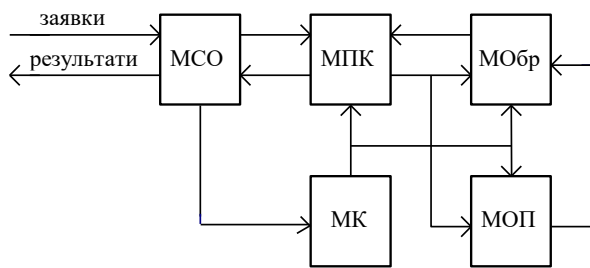


Рис. 2. Структура Ф-процесора

Необхідність перетворення кодів виникає тому, що Ф-процесор може мати зв'язок з найрізноманітнішими пристроями (процесори, АЦП, ЦАП, канали зв'язку, пам'ять, клавіатура та ін.), які функціонують як в звичайних двійкових кодах, так і в p -кодах Фібоначчі різних видів. Причому потрібно перетворювати один код в один код у разі представлення цілих чисел і декількох кодів в один код чи один код в декілька кодів

оброблення заявок і організує з них потоки в необхідних напрямках.

З моделі функціонування Ф-процесора випливає, що до його структури мають входити такі модулі (рис. 2):

- модуль системних операцій (МСО), що здійснює зв'язок з командним процесором і реалізує процеси DI і DO;
- модуль перетворення кодів (МПК), що реалізує процеси TI і TO;
- модуль оброблення (МОбр), що здійснює виконання заявок (обчислення над кодованими математичними об'єктами);
- модуль оперативної пам'яті (МОП), що забезпечує оперативне зберігання невеликих масивів інформації, які використовуються в обчислювальному процесі;
- модуль керування (МК), що координує роботу решти модулів.

у разі представлення дробів, комплексних і гіперкомплексних чисел, векторів, матриць і поліномів.

Нехай треба побудувати Ф-процесор, що реалізує набір функцій $F = \{f_i\}$. Задача полягає в тому, щоб кожен функцію з цього набору реалізувати з мінімальними апаратними витратами за заданий час.

Зробивши функціонально-структурне відображення, в якому функції $f_i \in F$ ставиться у відповідність елемент структури s_i , отримаємо набір структурних елементів $S = \{s_i\}$ і зв'язків між ними для модуля оброблення. При цьому можливі три варіанти набору S :

- усі s_i — спеціалізовані елементи;
- одна частина s_i — спеціалізовані елементи, а друга - універсальні;
- усі s_i — універсальні елементи.

До набору S можуть входити по декілька елементів типу s_i . Перший варіант набору S має найбільші апаратні витрати і забезпечує найбільшу швидкодію, як за рахунок спеціалізації, так і за рахунок можливості одночасної реалізації декількох різних функцій f_i . Другий варіант набору S , порівняно з першим, має менші апаратні витрати і швидкодію. Третій варіант набору S має найнижчу швидкодію.

Крім того, варіанти відрізняються потенційною відмовостійкістю. Відмова спеціалізованого структурного елемента, якщо він один, призводить до необоротної деградації структури. У разі відмови універсального структурного елемента функція може бути реалізована на іншому елементі. Для підвищення відмовостійкості структури третій варіант вимагає найменших витрат резервної апаратури.

Зв'язки між структурними елементами в модулі обробки можуть бути як жорсткими, так і комутованими. Жорсткі зв'язки характерні для першого варіанта структури, а комутовані - для другого і третього.

III. УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ "ФІБОНАЧЧІЄВОГО" ЦИФРОВОГО АВТОМАТА З АПАРАТНИМ КОНТРОЛЕМ

Аналіз алгоритмів обчислень над математичними об'єктами, представленими p -кодами Фібоначчі, показує, що основними операціями є додавання, віднімання і зсув коду, який забезпечує послідовний перегляд цифр коду. У свою чергу, додавання і віднімання зводяться до циклічного виконання мікрооперацій згортки, розгортки, переміщення і поглинання.

Перетворення кодів, що здійснюються базовими мікроопераціями, можуть бути реалізовані або логічною схемою, або автоматом з пам'яттю. Дослідження, які проведені автором, показують, що послідовність мікрооперацій вимагає для своєї реалізації найменшу кількість апаратури у випадку автомата з пам'яттю. Тому розглядається тільки така реалізація.

Найприроднішим контролем "фібоначчєвих" цифрових автоматів є контроль за методом зворотного перетворення, який у даному випадку доцільніше назвати методом "причина-наслідок". Суть цього методу така.

Початкова інформація шляхом виконання деякої операції перетворюється у результат. Потім визначається, чи відповідає отриманий результат ("наслідок") початковій інформації ("причина"), тобто "наслідок" повинен відповідати "причині". Визначення відповідності можливо шляхом зворотного перетворення результату з метою отримання інформації, яка порівнюється з початковою інформацією. Повний збіг свідчить про відсутність помилок, а незбіг говорить про їх наявність.

Оскільки мікрооперації згортки і розгортки є взаємо-зворотними, тому зворотне перетворення не спеціальна контролююча операція, а основна. Наприклад, результатом виконання згортки над комбінацією 011 ("причина") є кодова комбінація 100 ("наслідок"), яка є необхідною умовою для виконання розгортки, тобто після правильного виконання згортки обов'язково виникає умова можливості розгортки. Аналогічно, коли правильно виконана розгортка, виникає умова виконання згортки. Якщо після виконання згортки або розгортки утворюються комбінації 000, 001, 010, 111, 110, 101, то це є результатом їх неправильного виконання.

Аналіз "причин" і "наслідків" мікрооперацій показує, що "наслідок" є інверсією "причини", тобто усі мікрооперації можуть бути зведені до інвертування розрядів коли виконуються відповідні умови.

Виходячи з цього маємо узагальнену модель "фібоначчєвого" цифрового автомата з контролем, що наведена на рис. 3.

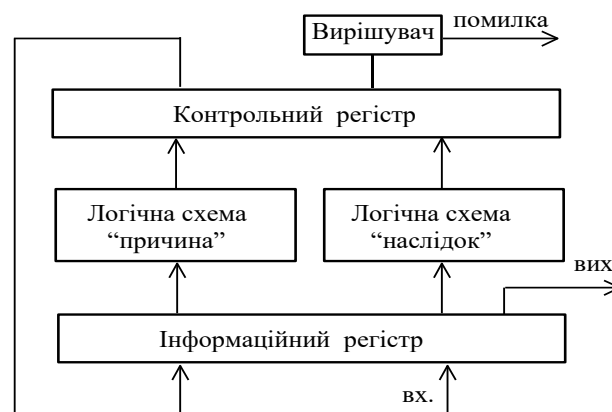


Рис. 3. Узагальнена модель "фібоначчєвого" цифрового автомата з контролем

У цьому автоматі реалізація мікрооперації відбувається таким чином. Код, що знаходиться в інформаційному реєстрі, аналізується логічною схемою "причина". За наявністю умови виконання мікрооперації ця схема забезпечує запис одиниць в ті розряди контрольного реєстру, які повинні бути проінвертовані. Після інвертування розрядів в інформаційному реєстрі логічна схема "наслідок" аналізує вміст цього реєстру та скидає в "0" ті розряди контрольного реєстру, які відповідають результату правильно виконаної мікрооперації. Наявність після цього в контрольному реєстрі нульового коду свідчить про відсутність похибок, а якщо в контрольному реєстрі є хоч би одна одиниця, то вирішувач формує сигнал "похибка".

Структура забезпечує єдиний підхід до побудови різних цифрових пристроїв. Будь-який з пристроїв міститиме інформаційний і контрольний реєстри, а

відміна буде полягати у побудові логічних схем “причина” і “наслідок”.

Імовірність пропуску помилки для всіх мікрооперацій дорівнює 2^{-n} . Місце помилки, що виявляється, вказується з точністю до $p+2$ розрядів, що дає можливість ввести оцінку важливості помилок і не зупиняти процес обчислень, якщо помилка неістотна.

Існує два підходи до проектування відмовостійких структур. Перший з них полягає у використанні резервування структурних елементів (СЕ) з самоконтролем, а другий - у використанні відмовостійких структурних елементів.

Резервування СЕ доцільно здійснювати у тому випадку, коли вони реалізовані у вигляді однієї НВІС. Якщо СЕ містить декілька мікросхем, то у разі відмови всього по одній мікросхемі в основному і резервному СЕ виникне відмова структури, що є недоліком. Тому в таких випадках слід використовувати відмовостійкі СЕ. Причому їх реалізація базується на першому підході, тобто здійснюється резервування складових частин з самоконтролем, що входять до складу СЕ.

Якщо виходити з точки зору виробництва, то СЕ у вигляді однієї НВІС також доцільно реалізовувати не з самоконтролем, а відмовостійким. Це дозволить збільшити відсоток виходу придатних мікросхем СЕ з самоконтролем.

Тут, як СЕ можуть розглядатись базові вузли, операційні пристрої, процесори, пристрої керування і запам'ятовуючі пристрої. Тому все, що буде сказано нижче, буде у рівному ступені відноситись до усіх указаних видів СЕ.

У загальному випадку будь-яку цифрову структуру (крім однорідної структури або середовища) можна відокремити за функціональною ознакою на різноміснні елементи (суматори, регістри, лічильники, запам'ятовувальні пристрої та ін.), кількість кожного з яких є різною. Очевидно, що така структура не є однорідною, але можна сказати, що вона має деякий ступінь однорідності. Цей ступінь однорідності можна виразити складом елементів і складом зв'язків.

Виходячи з цього, цифрова структура є сукупністю однорідних і неоднорідних структурних частин.

Аналіз структур “фібоначчівих” операційних пристроїв показує, що вони містять структурно однорідні частини двох видів. Частини першого виду складаються з однотипних не зв'язаних між собою елементів, а частини другого виду є зв'язаними однорідними структурами.

Таким чином, задача резервування структурних елементів з самоконтролем зводиться до резервування різноміснних, однотипних зв'язаних і однотипних не зв'язаних між собою елементів.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] В. А. Лужецкий, А. П. Стахов, В. Г. Ваховский, “Логико-достоверные компьютеры Фибоначчи”, в кн. Помехоустойчивые коды (Компьютер Фибоначчи), М., Знание, 1989, С. 11–39.
- [2] A. P. Stakhov, “Computer Arithmetic based on Fibonacci Numbers and Golden Section: New Information and Arithmetic Computer Foundations”, Toronto, SKILLSET-Training, 1997.
- [3] A. P. Stakhov, “Fibonacci p-codes and Codes of the “Golden” p-proportions: new informational and arithmetical foundations of computer science and digital metrology for mission-critical applications”, in Journal of Advances in Mathematics and Computer Science, Jun 7, 2016, pp. 1–49.
- [4] V. C. Hoang, “A class of arithmetic burst-error correcting codes for the Fibonacci computer,” Ph.D. Dissertation, Univ. of Maryland. Dept. of Electrical Engineering, Dec. 1979.
- [5] P. Ligenides, R. Nuwcomb, “Equivalence of some binary, ternary and quaternary Fibonacci computers”, in Proc. Of the 11-th int'l symp. on Multipl valued logic, Noman, Oklahoma. May 1981. – pp. 82–84.
- [6] А. В. Анисимов, “Линейные формы Фибоначчи и параллельные алгоритмы арифметики большой размерности”, Кибернетика и системный анализ, №3, 1995, С. 105 – 115.
- [7] Д. А. Стахов, “Проблемно-ориентированные фибоначчьевые системы счисления для специализированных ЭВМ”, Дис... канд. техн. наук: 05.13.13. – Винница, 1991. – 212 с.
- [8] Канате Карим, “Разработка и исследование алгоритмов и устройств скоростной фибоначчьевой машинной арифметики”, Дис... канд. техн. наук: 05.13.05. – Винница, 1996. – 203 с.
- [9] J. F. Zeigles, H. W. Curtis, H. P. Muhlfeld, “IBM experiments in soft fails in computer electronics (1978 - 1994)” in IBM J. Res. and Dev., 1996, vol. 40, №1, – pp. 3 – 18.

Toward the Methodology for Considering Mentality Properties in eGovernment Problems

Alexander Makarenko

*Institute for Applied System Analysis
National Technical University of Ukraine Technologies
Kiev, Ukraine
makalex51@gmail.com*

Abstract—A general framework for eGovernment is considered. The results of system analysis of different components of eGovernment are proposed. Also the background for considering and modeling of human properties of individuals is described. It is proposed also the models for considering spreading and development of eGovernment in the society. The approach allows forecasting the dynamics of opinion formation, and leading to modeling of the behavior of eGovernment participants. Our approach is based on the attempt to utilize the principles of associative memory from neural networks. Also the models with internal mental structures structure of individuals are considered and results of computer experiments are discussed. Different kinds of opinion evolution are discussed including punctuated equilibrium. Indexes for power distribution in eGovernment are proposed. Further research problems just as recommendations for practical implementations are proposed.

Keywords—eGovernment, opinion formation, associative memory, reputation, mental patterns, participants, evolutionary approaches, cybersecurity

I. INTRODUCTION

Recently eGovernment became more and more common technologies for society tasks and for society transformations. But practical experience in eGovernment using is far ahead of theoretical foundations of eGovernment. Before in the series of papers [1-4] we had proposed outline of the problems of eGovernment. For example we had considered the eGovernment from the point of view of system analysis [1]; some presumable methodologies for eGovernment considering [2,3]; sustainability of society and of eGovernment [4]; general models of large social systems [5,6]. But for deep understanding of eGovernment and moreover for practical implementation of eGovernment systems more elaborated concepts, models and methodologies should be developed.

Thus in given paper we propose some approach for accounting mental properties of eGovernment participants, the ways of transformations and the number of related properties, including investigation of system elasticity, calculating power indexes, supply the security of the system etc.

The structure of the paper is next. At section 1 we propose the general scheme of eGovernment droving from the point of view proposed by author concepts. Some detalization of such concepts is proposed at section 2. Section 3 devotes for considering transformations in society and of eGovernment subsystem.

II. CENERAL FRAMEWORK

eGovernment is the society part. So it should be considered in the general frames accepted for considering society and social systems. Usually in general problems of large social systems three 'pillars' had been considered (Figure 1)

All such components (and restrictions on corresponding recourses) also should be considered in eGovernment problems. Remark that scientific community agrees that 'ecology' and 'economy' 'pillars' have more or less developed models. But 'social' 'pillar' has less adequate models. So in discussion of general framework for eGovernment we will concentrates on the methodologies for 'social' aspects. At first stage we will accept that the models for 'ecological' and 'economical' components will supply the forecasts for 'social' components environment. (This is only the approximation because 'social' pillar has impact on other). Following approach from [5, 6] we suppose at the first approximation that he social part of eGovernment consists from N individuals with bonds between them. The individual posses own dynamics of some parameters of social type.

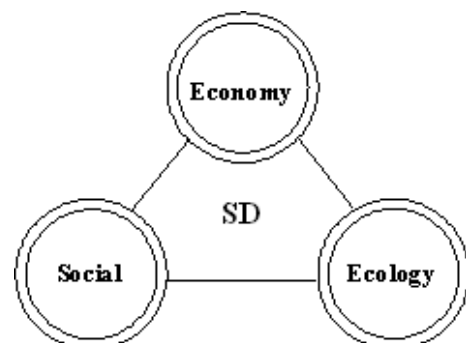


Fig.1. Three 'pillars' of social system

We suppose that the ‘Social’ part of government also has the ‘technical’ part. ‘Technical’ part includes interfaces between participants of eGovernment and administrative (electronic and classical) part. For example ‘technical’ part may include communication lines, computers, analytical and security centres personal interfaces etc. Administration may include top-level leaders, decision-making departments, data collection and processing departments, press centres and many others. Thus at first approximation the eGovernment system may be represented by schemes on the Figures 2, 3. Figure 2 corresponds to traditional arrangement of government. But the Figure 3 display the origin some new aspects of government which include the ‘electronic’ government. The essentially new elements are individuals with access to servers (S) through communications lines and separate departments for decision- making.

Of course such pictures are oversimplified. So it is possible to pose more detailed scheme which can help to understand the structure and role of eGovernment in social system. Remark that evidently hierarchical nature of considered social systems. Such pictures may also help to pose the tasks of investigation and design of eGovernment systems of different level and scales.

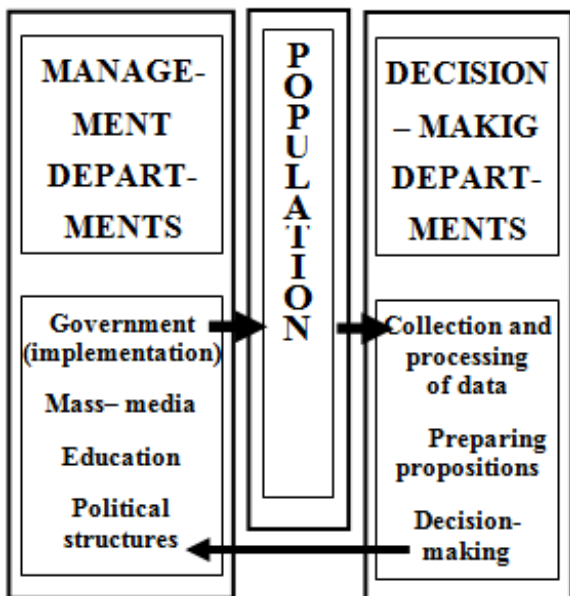


Fig.2. Simple scheme of ‘classical’ government

Of course such presumable schemes also are some approximations for real system. For example because a lack of place we doesn’t show explicitly infrastructures, organizations, forms and industry, cities and villages, social networks and many others. But just such schemes allows for stress some components and aspects of eGovernment. Such pictures illustrate the different presumable scales of eGovernment systems; non-homogeneous character of systems especially of population; hierarchy in systems; interrelations and interactions between subsystems. Probably such pictures may help in classifications and ranking of eGovernment projects and necessary cost evaluation. For

example the Scales of projects may expand from local to the country or international level.

It had been stressed by many researchers including author [1-4] that the eGovernment development require the searching of optimal ways for design and financing of eGovernment. Recently it is impossible with applications of mathematical models and approaches. The models are necessary as for global problems (for example for sustainable development) as for searching more local regional commercial projects and solutions. Of course a lot of mathematical models exist for different components of remarked above pillars of system (it may be the goals of separate papers). So here we will concentrate on the aspects most closely related to eGovernment especially to the less formalized (just theoretically).

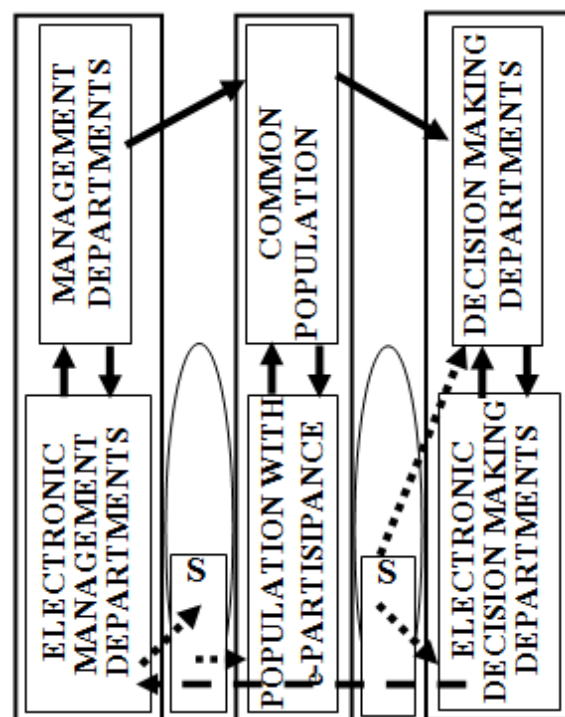


Fig. 3. Scheme with ‘classical’ and ‘electronic’ government

Namely below we will consider the components related with ‘population’ and ‘government’ blocks from Figures 2,3. Remark that usually any of components of eGovernment include as ‘classical’ as ‘new’ component (‘new’ means related to ‘electronic’ part of eGovernment). The share of ‘new’ components may be evaluated by some formal procedures and indexes. The fracture F (%) of population which use the interfaces (external and through PC) of eGovernment may serves as one of the simple examples. The fracture FG (%) of government departments involved in eGovernment may serves as second example. The part of power in given social system transferred to population through eGovernment is the third example. But just the task of such blocks modelling is very complex (but possible in principle for all pillars and components). For describing one

presumable approach for general modelling here we will concentrate mainly on human - related tasks.

III. SHORT DESCRIPTION OF ASSOCIATIVE MEMORY APPROACH FOR SOME SOCIAL PROBLEMS

First of all we stress some problems related to population participants at eGovernment: 1) formation of public opinion on some issue by electronic system; 2) voting on some question through eGovernment; 3) expanding of eGovernment system; 4) evaluation of power distribution between population and administration. Below we propose for illustration the development of methodology the first problem. Remark that in this paper we intend only to illustrate the background of methodology on the base of simplest examples.

A. General ideas

We present here briefly the core idea of the approach and the rough draft of the model that we are going to develop in the research. The proposed model does not pretend to be full and is intended only to demonstrate the basic ideas presented here.

As the first example we consider the simplified problem when all individual are involved in eGovernment system. Lets all individuals pose personal opinion through electronic networks and received some revised information through networks. Remark that the type and volume of information is different. The first is the case of fully open process when all individuals know the opinion of all involved participants. The second case is the backward distribution for all participants only the integral results (for example average opinion – say the percents of supporting individuals or the power of support of some issue).

In order to make easier understanding of the method and to simplify the initial formulas, we consider the idealized society. The opinion development consists of discrete steps, at which the actual exchange of opinion take place. Within each step we identify the sub steps, which describe the dynamic bidding and asking or decision-making processes for every individual. The society consists of N homogeneous participants (in future developments the homogeneous assumption obviously should be removed).

With every participant we associate the state variable $s_i \in S = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm M_i\}$, where s_i represents the number of shares that participant i is planning to strength (if $s_i > 0$) or to weak (if $s_i < 0$) opinion, and M_i is the maximum allowed volume, which represents the power of opinion of participant i is able to accept.

With every pair of participants i and j we associate the variable $c_{ij} \in \mathbf{R}$ – the integral value of reputation that participant j has from the point of view of participant i . This value measures the degree of how well informed; participant j is in the eyes of the participant i . The large positive values of c_{ij} mean that, in the opinion of participant i , participant j is an informed (news, insider) participant, the values close to zero can mean that the participant j is an uninformed (noise, nice)

or liquidity participant, while the negative values mean that the participant j is either insider who work against the information he has in order to hide himself, or a participant who is likely to be wrong in his judgment. The reputation variables c_{ij} form a matrix

$$C = \{c_{ij}\}_{i,j=1,\dots,N} \quad (1)$$

that we call the matrix of reputation. The approach c_{ij} valuation will be discussed later at the end of this section.

As one of the basic characteristics of the system we introduce the concept of a vector field of influence

$$F = \{f_i\}_{i=1,\dots,N}; f_i = \sum_j c_{ij} \frac{s_j}{M_j}, \quad c_{ii} = 0 \quad (2)$$

where f_i means the integral influence of opinions of all other participants on i participant. The intuition behind this formula is the following. The ratio s_j/M_j represents the opinion intentions of participant j at the current step. It shows the number of opinion participant j is planning to support or reject as a percentage of what his actual power is. The product $c_{ij} \times s_j/M_j$ is the information about intentions of participant j filtered through the matrix of reputation. Thus, the sum (2) represents all the available to participant i information about the actions of other participants, and since it is filtered through the matrix of reputation, it is meaningful and trustworthy to him. We would like to note here, that all the other information, participant i might have, is already incorporated in his initial intensions s_i .

Obviously, the best strategy for rational individual will be to adjust his own initial intentions to the filtered information about others. Speaking formally, we say that every participant is associated with the information utility function, which he is trying to maximize during the decision-making process. It is done by correlating the decision of individual i with the corresponding value of the field of influence f_i .

Thus, we may formulate the evolution equation describing the opinion dynamics (of course it is the simplest possible example of dynamics):

$$s_i(t+1) = \begin{cases} s_i + 1, & \text{if } f_i(t) > 0 \text{ and } s_i(t) < M_i, \\ s_i - 1, & \text{if } f_i(t) < 0 \text{ and } s_i(t) > -M_i, \\ s_i & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (3)$$

The initial conditions for this dynamic equation are the intentions of each individual to support opinion at the beginning of the opinion forming step. They are formed under the influence of the sources outside the system, and represent the participant's forecast of how well the particular opinion distribution will be doing.

Given the initial conditions for s_i and known values of influence matrix, we may calculate the dynamics of the opinion patterns. Such dynamics is expected to be beneficial for each participant, since it leads to the maximal utilization of the filtered, and therefore useful, information available to him.

Obviously, the system consists of protagonists with different and frequently antagonistic goals. Thus, the actions beneficial for a particular participant do not necessarily benefit the others. Moreover, each participant acts from his own interests and generally, if somebody wins, someone loses. However, all these egoistic individuals comprise the system we consider. Therefore, from the system point of view the question is, whether the defined above dynamics of every participant leads to a meaningful evolution of the whole system, or is this just a disordered, chaotic motion? The answer can be found using the analogy with the physical systems.

As the variable summarizing the evolution of the system, we introduce the concept of ‘energy’ E , which characterizes the impact all the participants have had on each other in making their supporting/rejection decisions:

$$E = -\sum_i f_i s_i$$

Thus, at any given point in time, ‘energy’ E characterizes the state of the society. Naturally, we are interested in the evolution of the opinion patterns leading to a state that has the property of stability. By analogy with the physical systems, we will call the state of the system stable if the ‘energy’ E has a local minimum in this point. As we will see, the system will tend to minimize its energy during the evolution process. To show this, we will first formulate and prove the following statement.

Statement 1. Under the law of evolution (3) the system evolves to a local minimum of energy E .

After energy reaches the local minimum, due to (A1) any change of the state of the system will increase the energy, which is impossible because of (A2). Thus, $s_i(t+1)=s_i(t)$, $\forall i$, and the system will retain its stable state until some external forces are applied. Such stable state can be thought as equilibrium, at which opinion pattern takes place. It simply means that all the participants have reached their decisions having maximized their own information utility functions. Since we are assuming that all the external information the participants might have is represented by their initial intentions, evolution occurs. Thus, maximization of individuals’ information utility functions leads to the minimum of energy of the system and, therefore, to its coordinated movement during the decision-making step.

The next evolution step begins with the new initial conditions, which contain the new information participants have been able to obtain.

The reputation matrix in the described above model remains invariable during the supporting/rejection or decision-making steps. Obviously, it should change at each evolution step, since participants analyze their own performance as well as the performance of other participants and society as a whole. Therefore, each individual might assign different coefficients to the corresponding elements of the matrix of reputation, which will be enforced at the next evolution step.

Thus, the reputation matrix plays one of the major roles in the proposed model, and the applicability of the model depends, to a great extent, on the correctness and accuracy of the reputation coefficients. The numeric values for the entries of the matrix of reputation are not readily available. However, one of the advantages of the given approach is that it uses already proved and experimentally tested algorithms for the identification of the matrix C via the prior observations of the opinion patterns. This algorithm has the form of the well-known rule from the pattern recognition theory of associative memory models [7]. Its brief idea can be outlined as follows.

Suppose we have recorded information about opinion patterns Z_k , $k=1, \dots, K$, where $Z_k=\{s_i\}$ at the time moment k , K is the number of observations, $i=1, \dots, N$, N – number of participants. Then the matrix of reputation C can be evaluated as

$$C = \{c_{ij}\}, \quad c_{ij} = \sum_k \frac{s_{ik}}{M_i} \times \frac{s_{jk}}{M_j}, \quad c_{ii} = 0 \quad (4)$$

Of course such model correspond more to the case of opinion formation in parliaments, administrative councils, and cyberspace networks. But a lot of improvements of model can be proposed. Here we describe some of most evident.

Anyway more realistic is situation that only $F(\%)$ of population is involved in e-governance processes. Then the frames of the model are the same but for all population only opinions of N_e e-participants are known. This allows further developments. At first the opinion of this N_e participants serves as the information for other part on society by mass-media, social relations etc. Such information serves also as some kind of social questionnaires (with the same difficulties and problems). As such the date of e-participants opinion may serve as the database for other models and approaches. At second the changes in reputations $C=\{c_{ij}\}$ can be introduced. Such changes in reputations may have different reasons – internal and external. Internal changes have internal process of evolution as the source. External changes may have the mass-media influence, straggle of political parties, and education system as the main reasons. Remark that special dynamical equations may be derived for evolution of $C=\{c_{ij}\}$ during time flow [7].

Presumable variety of matrix of reputation properties may follow to a lot of different effects (which we cannot describe here because the lack of space). We only remark here the possibility of periodic solutions for slightly non-symmetrical matrix of reputation and chaotic behaviour of public opinion

in the case of sufficiently non-symmetric reputation matrix. Also the abrupt transition between quasi-stable states of opinion during time in case of non-constant matrix of reputation $C=\{c_{ij}\}$.

B. Accounting the internal structures of eGovernment participants

The next step in development of proposed models is to account the internal structure of participants (we named such participants as ‘intellectual’).

Let us consider the idealized market as the collection of N intellectual participants. We will consider the process with discrete time steps. Each participant should to do decision (change of state) at each time step in dependence of all participants’ states.

Participant’s state is described by the variable $S_i(t) \in S = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm M_i\}$, which corresponds to the amount of the recourse (opinion, information, materials and so on), which may be gain (if $S_i(t) < 0$) or collect (if $S_i(t) > 0$) by i individual (participant). Here M_i is the maximal volume of its resource (its potential). Interaction of individuals in organization is described by influence matrix $C=\{c_{ij}\}$, $j=1, \dots, N$, $c_{ij} \in [0, 1]$ where c_{ij} – influence coefficient of j individual on i . The influence matrix C may reflect the authority power in organization. In simplest model we take $C_{ij}=0$, $i=1, \dots, N$.

So the collection $Q^R(t) = (\{S_i^R(t)\}, \{C_{ij}^R\})$, $i, j=1, \dots, N$ represents the real state at moment t . Let us consider also $Q^I(t) = (\{S_i^I(t)\}, \{C_{ij}^I\})$, $i, j=1, \dots, N$ as ideal pattern of situation from the i participant point of view. Then we can calculate the difference between real and ideal patterns of situation:

$$D_i(t) = \left\| Q^I(t) - Q^R(t) \right\| \quad (5)$$

We suppose that the dynamics of i participant depends on the difference $D_i(t)$ and on the mean influence field by other participants. We accept the influence field $G(t) = \{g_i(t)\}$, $i=1, \dots, N$ as:

$$g_i(t) = \sum_{j=1}^N C_{ij}^R \frac{S_j^R(t)}{M_j} \quad (6)$$

The term $S_j^R(t)/M_j$ in (6) corresponds to the activity of j participant at the moment t . The term $C_{ij}^R(S_j^R(t)/M_j)$ corresponds to activity with reputation accounting. In general case the dynamical law for participant takes the form (F some law for participant’s reaction, named frequently activation function):

$$S_i^R(t+1) = F(v_i(t)) \quad (7)$$

where the argument $v_i(t)$ may takes the form:

a) Multiplicative

$$v_i(t) = \alpha(D_i(t))g_i(t) \quad (8)$$

where for example $\alpha(D_i(t)) = e^{-kD_i(t)}$. In simplest evident variant we may take:

$$D_i(t) = \sum_{j=1}^N \left| S_j^I(t) - S_j^R(t) \right| \quad (9)$$

b) Additive $v_i(t) = g_i(t) + f_i(D_i(t))$, where $f_i(D_i(t))$ – some influence function. The simplest example is:

$$f(D_i(t)) = \sum_{j=1}^N C_{ij}^R \frac{(S_j^R S_j^I)}{M_j} \quad (10)$$

In this model vector $v_i(t)$ represent the understanding by i participant on the tendencies in system: If $v_i(t) > 0$, then the tendency is to increase the recourse, if $v_i(t) \approx 0$, then the stability is the main tendency, if $v_i(t) < 0$, then the tendency is to reduce the resources.

One of the most usable forms of activation function F in such type models are:

$$S_i^R(t+1) = \begin{cases} S_i^R(t)+1 & \text{if } v_i(t) > \frac{\|G(t)\| |S_i^R|}{M_i} \text{ and } S_i^R(t) < M_i, \\ S_i^R(t)-1 & \text{if } v_i(t) > \frac{\|G(t)\| |S_i^R|}{M_i} \text{ and } S_i^R(t) > -M_i, \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (11)$$

where

$$\|G(t)\| = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N g_i^2(t)}}{N} \quad (12)$$

Remark that very interesting development of proposed models consist in introduction time dependence of connections by some dynamical laws. The models described here correspond to the constant bonds.

IV. RESERCH TASKS AND PROBLEMS TO BE SOLVED

Proposed approach allows developing the software and trying to understand some properties of society and particularly eGovernment. Here we describe some examples of computer experiments with the models (5)–(12) which accounting the internal structure of participants and non-constant in time reputation of participants (Figure 4).

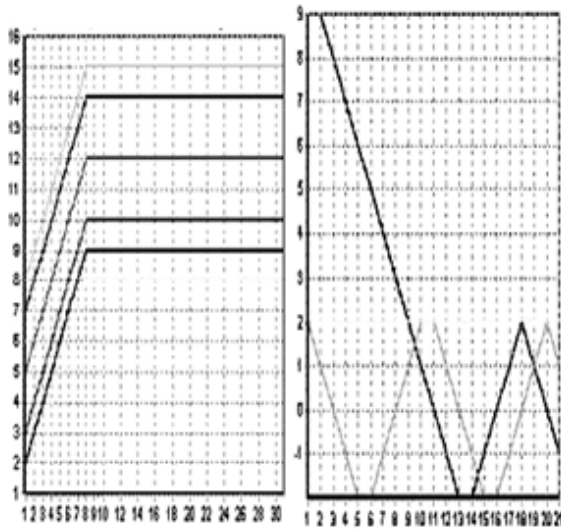


Fig. 4. Example of opinion formation modeling

The horizontal axe corresponds to the steps of evolution of opinion formation. The vertical axe represents the intentions of different participants. The left picture correspond to stabilization of intentions of participants. The right-side picture corresponds to the case of society with changeable reputations during evolution.

The right picture illustrates the possibilities of oscillations of the opinion. The oscillations are intrinsic for society with asymmetrical reputation of participants. Moreover the society with mostly asymmetrically informed participants may have chaotic behavior. Other very interesting phenomenon is the possibilities of sudden changes of stable opinion patterns in the case of variable reputation of participants. It may correspond to real phenomena in the society. Also it may correlate with phenomena of punctuated equilibrium in biology.

Of course till now our computational investigations are model with artificial date and further investigations will be interesting. But just now some prospective issues may be discussed.

First of all proposed internal representation may be considered as some correlate to ontology of participant. Also it may be interesting for considering classical problem of reputation. At second the approach reminiscent usual multi-agent approach. The description of participant remember participant with special representation of the internal and external worlds by network structure. Also the prospective feature in the approach is the associative memory in proposed models. Remark that recently we had found the possibility of

multi-valued solution existing in case of individuals which can anticipate the future [8].

V. CONCLUSION

Thus in proposed paper we consider the approach for system analysis and modeling which implement some properties of real society and eGovernment. The main distinctive features are the accounting of internal properties of participants. As the authors envisage, the modeling principles, described in section 3 can lead to the formulation and solution of the following problems:

1. Development of models of opinion patterns for the specific real problems.
2. Investigation of the control and security problems of eGovernment on the base of proposed approach.
3. Introducing and investigation different indexes of eGovernment operating, especially of power of e-participants community.
4. Numerical simulation of specific local eGovernment problems.
5. Analysis of the eGovernment spreading in society on the base of proposed methodology.
6. Forming proposition for building general tasks computing systems of investigation and managing eGovernment with accounting all aspects remarked above.
7. Proposed approach allows re-formulate the problems of cyber security of networks and more generally security of society.

REFERENCES

- [1] A. Makarenko System Analysis, Foresees and Management of E-Services Impacts on Informational Societies. Proc. 4th Eastern Europ. eGov Days, Prague, Czech Republic. 2006. 6 p.
- [2] A. Makarenko Toward the building some methodic of understanding and improvement of e-Government Proc. 6th Eastern Europ. eGov Days, Prague, Czech Republic 2008. 5 p.
- [3] A. Makarenko, B. Goldengorin, D. Krushinskiy, N. Smelianec Modeling of Large-Scale crowd's traffic for e_Government and decision-making. Proc. 5th Eastern Europ. eGov Days, Prague, Czech Republic. 2007. p. 5
- [4] A. Makarenko, A., E. Samorodov, Z. Klestova, Sustainable Development and eGovernment. Sustainability of What, Why and How. Proc. 8th Eastern Europ. eGov Days, Prague, Czech Republic. 2010. p. 5
- [5] A. Makarenko New Neuronet Models of Global Socio- Economical Processes. In 'Gaming /Simulation for Policy Development and Organisational Change' (J.Geurts, C.Joldersma, E.Roelofs eds), Tillburg Univ. Press. 1998. P. 133–138,
- [6] A. Makarenko, Sustainable Development and Risk Evaluation: Challenges and Possible new Methodologies, In. Risk Science and Sustainability: Science for Reduction of Risk and Sustainable Development of Society, eds. T.Beer, A.Izmail- Zade, Kluwer AP, Dordrecht.2003. P. 87–100.
- [7] S. Haykin Neural Networks: Comprehensive Fundations. — N.Y.: MacMillan.. 1994. 697 p.
- [8] A. Makarenko Anticipatory participants, scenarios approach in decision- making and some quantum – mechanical analogies. Int. J. of Computing Anticipatory Systems. 2004. Vol. 15. P. 217–225.

Reliable High Bandwidth Decentralized Live Streaming

Igor Mazurok

*Chair of optimal control and
economical cybernetics
Odessa I.I.Mechnikov National
University
Odessa, Ukraine
igor@mazurok.com*

Valerii Penko

*department of Mathematical
Support of Computer Systems
Odessa I.I.Mechnikov National
University
Odessa, Ukraine
vpenko@onu.edu.ua*

Yevhen Leonchyk

*department of Mathematical
Analysis
Odessa I.I.Mechnikov National
University
Odessa, Ukraine
leonchyk@ukr.net*

Abstract—The promising approach to the implementation of streaming in real time is proposed. The peer-to-peer decentralized network of computer nodes is used as the content transmission medium. To ensure high bandwidth and reliability, a combination of consensus algorithms that are typical for general-purpose distributed systems and blockchain-based systems is used. To monitor the transfer process, cryptographically protected information tags are added to the main stream. The reliability of the streaming is provided on the basis of economic incentives for trustworthy behavior, the results of which are recorded in the blockchain.

Keywords—streaming, decentralized system, tokenomics, blockchain.

I. INTRODUCTION

This paper is devoted to improving the reliability and quality of streaming services. By streaming, we will further understand the process of transferring multimedia content from its original provider to the final recipient. Streaming usually does not include support for storing the information received, although this option is often available as an additional.

The critical parameter of streaming is its stable high quality (bandwidth). In this sense, it is necessary to distinguish a kind of streaming in real time – Live Streaming. The main indicator of quality here is the achievement of such a dynamic content transfer, which will not cause subjective discomfort in the receiving party.

Streaming services are becoming increasingly popular and are used both in entertainment and in business applications. In this regard, streaming applications are usually not free, but use one or another economic model of user interaction. The diversity of such models is related to the variability of the roles and interests of streaming participants.

Another factor influencing the direction of research and development is the use of decentralized systems based on peer-to-peer networks. In the context of this work, two aspects of the use of such networks can be mentioned. First, in practice, the viability of using such an approach was

confirmed by the example of various torrent systems [1]. On the other hand, we know about the rapid development of systems based on the blockchain. These systems began with the support of a particular type of cryptocurrency [2]. However, the potential of the main ideas allowed expanding such systems to support multifunctional program ecosystems [3]. In particular, there are systems offering to use the positive features of decentralized systems for the organization of effective streaming. For example, Torcoin [4] has developed a special consensus algorithm that allows economically motivating participants to reliable and efficient streaming. This use of the blockchain implies block confirmation in the streaming process, which makes streaming insufficiently reactive.

This paper is devoted to the design of a decentralized system that allows reliable and high-quality Live Streaming based on a peer-to-peer network through the implementation of internal economic mechanisms as the main factor providing the required characteristics.

II. THE PROBLEM DESCRIPTION

In the basic version of the streaming process implementation participate the following actors:

- customers:
 - content producer node (Sender);
 - content receiving node (Receiver).
- serving subsystem:
 - node transmitting content (Lander);
 - content rating nodes (Verifiers).

The role of Lander is temporary – it is selected from among the Verifiers under certain conditions. Many Verifiers communicate with each other through a peer-to-peer network. Sender's connection with Verifiers is specific – each Verifier assesses the quality of information transfer and informs Sender about this in case of problems. Sender decides to change Lander if the majority of Verifiers reports the same problem.

The Verifiers set is a decentralized set of nodes that have time-varying parameters that determine the quality and reliability of the streaming. In addition, with the introduction of the mechanism of economic motivation, these nodes can demonstrate various features of unreliable and even malicious behavior.

The task is to develop such a protocol for the interaction of the mentioned nodes, which would ensure close to maximum quality and reliability indicators of the streaming.

III. PROPOSED IMPLEMENTATION SCHEME

The interaction of network nodes in solving the problem is schematically presented in Fig. 1.

The solution of the problem described above is based on additional technical capabilities. In the process of broadcasting the main content, small information packages of meta information (meta tags) are periodically transmitted via the communication channel. Arbitrary data can be inserted into these meta tags, in particular, parameters that characterize the parameters of translation quality. In the context of the described task, we assume that Sender, in the process of transferring content periodically generates and transmits meta tags that form a tempered sequence. The first meta tag contains a hash from the initial state of the streaming (for example, the stream identifier). Each subsequent meta tag contains a hash from the previous meta tag. All tags are signed with the sender's secret key P_{secret} . In Fig. 1, these meta tags are labeled t_s :

$$t^0 = \text{hash}(\text{StreamID}),$$

$$t^i = \text{hash}(t^{i-1}),$$

$$t_s^i = P_{secret}(t^i).$$

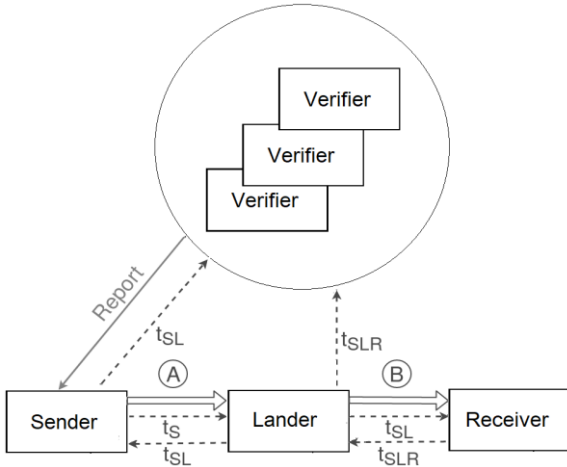


Fig. 1. Live streaming protocol.

A. Streaming budget formation

For the right economically stimulated behavior at the beginning of a streaming session, its budget is formed from two sources. Firstly, Sender, Receiver and, possibly, the Sponsor bring their payment into the streaming budget. This is done by the TLSCreate transaction (Table 1):

TABLE I. TLSCREATE TRANSACTION STRUCTURE

From	To	Amount	Data
Sender, Receiver, Sponsor	StreamID	streamBudget	nWorkers, streamStart, streamDuration

nWorkers reflects the needed level of stability and performance of the given StreamID. In fact it is a number of worker nodes that will support streaming.

Secondly, all Verifiers make their stakes by TLSStake transaction, which creates the competitive aspect necessary for the system dynamics (Table 2):

TABLE II. TLSSTAKE TRANSACTION STRUCTURE

From	To	Amount
Verifier	StreamID	streamStake

B. Consequence of communication in the protocol

1. Sender chooses one of the Verifiers as Lander taking into account the bandwidths and jitters (technical reputations). The others will work as Verifiers. For Verifier it is natural to aspire to be a Lander (because it is more profitable). The communication is established through the chosen Lander.

2. Sender inserts unique signed tags t_s into the stream and sends them to Lander. The next tag depends on the previous tag (e.g. calculated on base of its hash and tag number).

3. Each time when Lander receives t_s , he makes confirmation tag t_{sL} signing the current t_s and sends t_{sL} back to Sender.

4. If the Sender does not receive t_{sL} in time, he can change Lander choosing another from Verifiers.

5. Sender transmits t_{sL} to each Verifier. Also, the Lander sends t_{sL} to Receiver.

6. Receiver makes confirmation tag t_{sLR} signing t_{sL} and transmits t_{sLR} to Lander.

7. Lander send t_{sLR} to each Verifier as proof of his work. If Lander does not receive confirming t_{sLR} , he stops his streaming. In this situation, Verifiers do not receive t_{sLR} and inform Sender on a stream status (Report-link on the scheme). Then Sender switches streaming to another Lander selecting he from Verifiers.

C. Stream completion

There are 2 reasons to consider the stream completed:

- normal situation – Sender or Receiver sends to Verifiers special tag $t_{sfinish}$ or $t_{sLRfinish}$.
- abnormal situation - if the Verifiers do not see the new t_{sLR} tags for a long time, they can consider that stream was interrupted abruptly.

Anyway, after streaming has finished we had to compute reward distribution between Verifiers taking into account their fair activity while working as Verifier and Lander.

D. Threats

The main tool for Live Streaming consistency is based on the analysis of the tag stream. From this point of view, it is

important to consider distinct choices of malicious or just faulty tag expansion.

- Lander does not transmit confirming t_{SL} to Sender. It is not the threat because in this case Sender simply switches to another Lander selecting him from Verifiers.
- The Sender may have bad connection with the Verifiers not sending him t_{SL} (but receiving them from Lander). It is not the problem because Verifiers successfully got t_{SLR} for subsequent reward calculations.
- The Receiver does not transmit confirming t_{SLR} to Lander due to bad connection between Lander and Receiver. In this case, Lander cannot retransmit t_{SLR} . This will lead to report from Verifiers to Sender and the consequent reelection of the Lander.
- Lander has t_{SLR} but does not transmit it to Verifier. This is the reason to consider Lander as faulty. In this case, Verifier could start Lander reelection procedure using a kind of BFT RAFT protocol [5]. As a result, the new node from Verifiers switches to the Lander mode.

E. Reward calculation

Here we consider the payment model just for Verifiers and Landers. Another part of accounting including Sender and Receiver may have a number of options and has to be designed separately.

At the previous stage, it was defined that OverallStreamBudget is formed before streamStart time as:

$$\text{OverallStreamBudget} = \text{streamBudget} + \text{streamStakes}.$$

From fair tokenomics considerations, 75% of streamBudget from TLSCreate goes to Landers reward. The rest of OverallStreamBudget (that includes 25% of streamBudget and streamStakes from TLSStake) goes to Verifiers reward. The reason for such a distribution is to enable trustworthy verifiers to benefit. When distributing 50%-50%, provided that all verifiers are trustworthy, their reward is equal to their initial contribution (stake), which does not create the necessary motivation.

After streaming session this amount has to be divided among Verifiers (Landers) accordingly the following considerations:

- Each Verifier may get back some reward for being a fair Lander. His share can be calculated as a percentage of its confirmed t_{SLR} tags.
- Each Verifier may get back some reward for being a fair Verifier. That is he has to be in the set of nodes that has a majority about participating nodes in Lander activity. To determine such kind of majority we propose to use a sort of Byzantine generals algorithm.

Further, this procedure is explained in more details:

1. Each Verifier_k has the vector $L_k=(l_k^1, l_k^2, \dots, l_k^N)$, where l_k^i is a number of proven by Verifier_i t_{SLR} tags. t_{SLR} can

e considered as proof of successful block streaming, because it has to be signed by Sender and then by Lander.

2. Each Verifier_k sends its vector L_k to other Verifiers. After that, each Verifier has the same matrix $L=(L_1, L_2, \dots, L_N)$
3. Each Verifier_k computes vector $AL=(a_1, a_2, \dots, a_N)$, where a_i is an average value of l_k^i . Vector AL allows making fair rewards for Verifiers that were working as Landers. They share 75% of streamBudget from TLSCreate according to their participation that contains in AL .
4. Each Verifier computes d_k as the distance between AL and L_k for all Verifier_k.
5. Then on the base of d_k each Verifier computes

$$v_k = \exp(-d_k),$$

as an estimation of Verifier activity from 0 to 1. Vector $v=(v_1, v_2, \dots, v_N)$ allows making fair rewards for Verifiers that were working as Verifier. They share the rest of OverallStreamBudget.

IV. CONCLUSIONS

The article proposes an approach to the implementation of real-time streaming within a peer-to-peer decentralized network of computer nodes. This approach allows leveling the main types of emerging threats, including problems of a technical nature and the impact of malicious components. The designed system of economic incentives allows achieving the necessary adaptability of the system when such threats arise and ensures the stability of the system functioning. Unlike other similar projects, we use in design two layers of consensus decisions. Operational decisions are made during streaming without the use of a slow blockchain mechanism of block confirmation based on metatags accompanying the main content stream. The blockchain layer provides a unanimous, threat secure decision about the degree of process participants and determines their rewards.

REFERENCES

- [1] A. R. Bharambe, H. Cormac, N. P. Venkata. Analyzing and Improving BitTorrent Performance. 2006. https://www.researchgate.net/publication/245396846_Analyzing_and_Improving_BitTorrent_Performance
- [2] Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2009. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [3] D. Tapscott, A. Tapscott. The Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World. New York, Portfolio, 2016.
- [4] Ghosh, M., M. Richardson, B. Ford, and R. Jansen. A TorPath to TorCoin: Proof-of-Bandwidth Altcoins for Compensating Relays // 7th Workshop on Hot Topics in Privacy Enhancing Technologies (HotPETs), 2014. <http://dedis.cs.yale.edu/dissent/papers/hotpets14-torpath.pdf>
- [5] Wang D., Tai N., An Y. Byzantine Fault Tolerant Raft. Stanford Computer Science Department, 2018. http://www.scs.stanford.edu/17au-cs244b/labs/projects/wang_tai_an.pdf

Підвищення Ефективності Роботи Транспортних Підприємств За Рахунок Використання Інноваційних Інформаційних Технологій В Логістиці

Тетяна Меленчук
Кафедра транспортних технологій та менеджменту
Одеська державна академія технічного регулювання та якості
Одеса, Україна
tamelenchuk@i.ua

Наталія Арцибашева
Кафедра транспортних технологій та менеджменту
Одеська державна академія технічного регулювання та якості
Одеса, Україна
elgaelga477@gmail.com

Олександр Ілько
Відділ транспорту Одеської міської ради
Департамент транспорту, зв'язку та організації дорожнього руху Одеської міської ради
Одеса, Україна
ilkoodessa@gmail.com

Олександр Ковра
Кафедра автомобільного транспорту
Одеський національний політехнічний університет
Одеса, Україна
kov@opu.ua

Improving the Efficiency of Transport Enterprises Through the Use of Innovative Information Technologies In Logistics

Tatyana Melenchuk
Department of Transport Technology and Management
Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality
Odessa, Ukraine
tamelenchuk@i.ua

Nataly Artsybasheva
Department of Transport Technology and Management
Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality
Odessa, Ukraine
elgaelga477@gmail.com

Olexander Ilko
Department of Transport
Odessa City Council
Odessa, Ukraine
ilkoodessa@gmail.com

Олександр Ковра
Department of motor transport
Odessa national polytechnic university
Odessa, Ukraine
kov@opu.ua

Анотація— Логістика, як система управління, має бути ефективним інструментом залучення нових джерел українського економічного зростання, розвитку окремих галузей з метою мінімізації окремих операцій. Сьогодні Міністерство інфраструктури України контролює лише транспортування, а це лише одна складова логістики. В роботі розглянуті шляхи розвитку логістики України: інтенсифікація розвитку інноваційних технологій; розвиток інфраструктури на всій території країни; підготовку фахівці високого рівня через систему вищої освіти.

Abstract— Logistics, as a management system, should be an effective tool for engaging new sources of Ukrainian economic growth and the development of individual industries in order to minimize individual operations. Today, the Ministry of Infrastructure of Ukraine controls only transportation, and this is only one component of logistics. Therefore, the paper considers the development of logistics in Ukraine: the intensification of the development of innovative technologies; infrastructure development throughout the country; education of highly qualified staff through the development of university education.

Ключові слова—інновації, логістичні інновації, транспортна логістика, інформаційна логістика, транспортно-експедиційна діяльність

Keywords—innovations, logistic innovations, transport logistics, information logistics, forwarding activities

I. ВСТУП

Сучасна логістика неможлива без активного використання інформаційних технологій. Важко уявити собі формування та організацію роботи ланцюгів доставки товарів без інтенсивного, постійного оперативного обміну інформацією, без швидкого реагування на потреби ринку. Сьогодні практично неможливо забезпечити необхідну споживачами якість товарів і послуг без застосування інформаційних систем і програмних комплексів для аналізу, планування і підтримки прийняття комерційних рішень в логістичній системі. Більш того, саме завдяки розвитку інформаційних систем і технологій логістика стала домінуючою формою організації руху товару на висококонкурентних ринках економічно розвинених країн. Підприємства транспорту, особливо ті, які пов'язані з міжнародними перевезеннями, одними з перших відчували необхідність впровадження інформаційних технологій в управління виробничими процесами. Очевидним стало те, що ефективна діяльність транспортних компаній вже неможлива без широкого використання інформаційних технологій.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Великі зарубіжні транспортні й товаророзподільчі компанії в даний час орієнтуються на застосування складних інтегрованих інформаційних систем. На їх розробці спеціалізуються окремі фірми. У Західній Європі існують фірми, які розробляють і спеціальне програмне забезпечення для управління транспортними компаніями.

Все більшого поширення в транспортній логістиці знаходить технологія диференційованого економічного обліку транспортних засобів з аналізом продуктивності, рентабельності та управлінням використання шляхом ремонту, списання та комбінування маршрутів. Диференційований контроль на трасі за допомогою бортової ЕОМ і електронний обмін даними дозволяє істотно збільшити оборот інформації, відмовитися від шляхових документів і тим самим економити значні фінансові кошти. На транспортних засобах встановлюються електронні тахографи і бортові обчислювальні системи з магнітними носіями інформації, що дозволяють автоматизувати облік роботи транспортного засобу і водіїв, оперативного контролювати дотримання режимів праці та відпочинку. Крім того, важливе значення мають програми маршрутизації і калькуляції собівартості, оптимального завантаження транспортних засобів, постачання запасними частинами. З їх допомогою можна виконувати розрахунки довжини маршрутів, часу їх проходження, зупинок на

прикордонних переходах і заправках, оперативно оцінювати дорожні умови і витрата палива на маршруті. Наприклад, пакет MS Auto-Route Express є електронний атлас Європи з базою даних про населені пункти і дорогах. Він призначений для планування автомобільних і залізничних маршрутів по європейській території з візуальним представленням у вигляді схеми маршруту і легенди його проходження.

В умовах, коли необхідно відстежувати кожний транспортний засіб і не тільки його місцезнаходження, але і параметри операцій, режими роботи, а на основі отриманих даних вести економічну оцінку витрат і доходів, інформаційні технології є одним з головних інструментів тактичного і стратегічного управління транспортно-експедиційної діяльністю.

У цьому сенсі найбільш перспективними є технології засновані на GPS-навігації [1]. Прогнозований світової дохід від використання системи Galileo (європейський аналог американської GPS) в 2014 р перевищив 200 млрд євро. За прогнозованими даними, до 2020 р загальний обсяг ринку навігації складе без малого 3,5 млрд дол. США. У світі на даний момент випуском GPS-навігаторів займаються понад 200 виробників, які представляють більше 500 моделей пристроїв. Сфери використання технології GPS розширюються, пристрої набувають все більш широкий діапазон можливостей, які дозволяють ефективно управляти транспортом і транспортної експедицією. Впровадження інноваційної логістики в організації допомагає більш точно оцінити і застосувати автоматизовані та інформаційні системи, які здійснюють розрахунки.

Система TopLogistic надає можливість керувати перевезеннями, виконати найбільш оптимальне складання маршруту доставки. При цьому складання маршрутів виконується найбільш ефективним чином, з огляду на адреси точок доставки, а також тимчасові інтервали доставки та інші параметри. Крім того, за допомогою програми здійснюється планування, облік і контроль процесів, пов'язаних з відвантаженням і доставкою, скорочуються витрати на доставку, підвищується якість обслуговування клієнтів, забезпечується надійність роботи всього логістичного комплексу. [2]

До подібних систем можна віднести і систему ANTOR LogisticMaster, яка дозволяє компаніям, що приносять вантажі замовникам, здійснювати автоматизацію процесів управління доставкою і планування маршрутів, оптимальне завантаження всього парку транспортних засобів, забезпечення своєчасної доставки продукції клієнтам, ефективний контроль роботи водіїв та експедиторів. [3]

Існує також безліч інших подібних систем, що відрізняються набором тих чи інших функцій.

Проаналізувавши досвід розробки та впровадження інноваційних продуктів у транспортній логістиці, необхідно сказати про те, що в розглянутих системах

існує і ряд недоліків. Одним з них є те, що системи супутникового стеження мають так звані «сліпі зони», спостереження в яких неможливо. До іншого недоліку можна віднести людський фактор, як користувача продукту, так і водія транспортного засобу.

Практична реалізація інновацій в логістиці стає потужним інструментом підвищення конкурентоспроможності підприємств і організацій, а також підвищення конкурентоспроможності, що випускається ними продукції і послуг, що надаються [4].

У транспортній логістиці на сьогодні застосовуються досить нові і ефективні технології, які допомагають знизити логістичні витрати і підвищити якість послуг. багато перевізників вже давно оцінили переваги систем моніторингу та успішно використовують подібні системи при перевезенні вантажів. Однак все більше і більше відчувається потреба не просто стежити за переміщенням транспорту, а й контролювати інші аспекти перевезення вантажів [5]. Як правило, в оснащенні інноваційними системами автотранспорту зацікавлена не тільки транспортно-експедиційна компанія, що здійснює перевезення, а й сам замовник. [6].

Для оптимізації роботи підприємства використовуються прийоми і методи логістики, розраховані на вдосконалення роботи складу, виходячи з можливого наростання номенклатури товарів:

- Організація адресної системи складу;
- Оптимізація логістичного процесу на складі за основними його напрямками: оптимізація приймання, обробки замовлень, відправлення товарів;
- Повний перехід на електронний документообіг і автоматизація стандартних митних процедур.

- Застосування автоматизованих систем для зручності швидкої комплектації замовлень.

III. ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день інноваційні інформаційні технології відіграють важливу роль у розвитку підприємства. В Україні актуальності набуває інноваційна стратегічна логістика, проте вона знаходиться тільки в початку свого розвитку. Це пов'язано з існуванням тих резервів, які в більшій мірі не використовуються, особливо це видно в сфері поставок. Проявляється це у вигляді втрачених можливостей, збоїв і кризових ситуацій, що робить ринкові структури сприятливим і перспективним об'єктом для ефективного застосування інноваційної стратегічної логістики і зростання її пріоритетності.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

- [1] Логистика в Украине – история длиною 20 лет <http://www.ukrlogist.com/article/vne-kategorij/1315>
- [2] Руденко Г.Р. Аналіз ринку логістичних послуг в Україні / Г.Р. Руденко // Бізнес Інформ. – 2011. – № 8(403). – С. 63-65.
- [3] Connecting to complete 2014: trade logistics in the global economy - The logistics performance index and its indicators [Електронний ресурс] / [J.-F. Arvis, M.A. Mustra, J. Panzer, L. Ojala, T. Naula] – Режим доступу : <http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/Trade/LPI2014.pdf>
- [4] Бажин И. И. Логистика. – Харьков: Консум. 2004. – 240 с.
- [5] Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн. / Під заг. ред. Дмитриченко М. Ф. – Кн. II: Технологія наукових досліджень і технічної творчості / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, О. Т. Лановий, І. Е. Линник, В. П. Поліщук. – К.: Знання України, 2005. – 318 с.
- [6] Нагорный Е.В. Развитие и современное состояние транспортно-экспедиционного обслуживания предприятий и организаций в Украине / Е.В. Нагорный, В.С. Наумов // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2009. – Вып. 44. – С. 63–67.

Compression and Multilevel Segmentation for Face Images by Piecewise Linear Approximation

Roman Melnyk
Software Department
Lviv Polytechnic National University
 Lviv, Ukraine
 ramelnyk@lp.edu.ua

Ruslan Tushnytskyy
Software Department
Lviv Polytechnic National University
 Lviv, Ukraine
 ruslan.tushnytskyy@gmail.com

Abstract—Algorithm of piecewise approximation was used for image compression and barcode presentation. The intensity function in a row or a column, the cumulative histogram were chosen as a function for approximation. Estimation of compression ration and approximation accuracy are given for some examples. Multilevel segmentation was used to obtain the bar presentation of face images. Experimental results are presented.

Keywords—approximation; threshold; piecewise-linear function; cumulative histogram; multilevel segmentation

I. INTRODUCTION

Popular algorithms of image encoding and compression include: JPEG, which uses discrete cosine transform and Huffman algorithm [1]; LZW, which replaces the original set of bytes in file with reference to a previous occurrence of the same set (GIF, TIFF formats) [2].

Compression is achieved by replacing the set of pixel values using special functions: wavelets, fractals, polynomials etc. Implementation of these functions requires considerable computational costs. In this paper a simplified approach is proposed, namely the piecewise-linear approximation. This mathematical tool is being widely used [3-5].

Multilevel thresholding for data mining from images is very important. However, the computational complexity of it in many algorithms increases exponentially with the number of thresholds. In the paper [6] a criterion for maximizing a modified between-class variance is proposed and a recursive algorithm is designed to efficiently find the optimal threshold using stored in a look-up table. The publication [7] proposes new method based on quantum particle swarm optimization (QPSO) algorithm. In the work [8] starting from the extreme pixel values at both ends of the histogram plot, the algorithm is applied recursively on sub-ranges computed from the previous step, so as to find a threshold level and a new sub-range for the next step, until no significant improvement in image quality can be achieved.

The paper [9] proposes multilevel image thresholding for image segmentation using several recently presented P-

metaheuristic algorithms, including whale optimization algorithm, grey wolf optimizer, teaching-learning-based optimization algorithm and some others.

A new method of multilevel thresholds for image segmentation using Grey Wolf Optimizer (GWO) is proposed [10]. This metaheuristic algorithm is applied to multilevel threshold problem using Kapur's entropy and Otsu's between class variance functions.

II. PIECEWISE-LINEAR APPROXIMATION

We want to approximate a function $f(x)$ by piecewise-linear function $g(x)$ determined on the interval $a_i \leq x_i \leq a_{i+1}$ with a set of sections having the end points (α_i, β_i) and $(\alpha_{i+1}, \beta_{i+1})$. The function $g(x)$ minimizes the approximation error ε got by the following formula:

$$\varepsilon = \max_{\alpha_i \leq x \leq \alpha_{i+1}} |g(x) - f(x)| \quad (1)$$

The convex function $f(x)$, can be approximated by the piecewise-linear function $g(x)$ having N segments and determined on the interval $\alpha_0 \leq x \leq \alpha_N$ with a set of points (nodes) $(\alpha_i, \beta_i)_{i=0}^N$, connected these N segments. The approximation function is presented as:

$$g(x) = \sum_{i=0}^{N-1} g_i(x), \quad (2)$$

here

$$g_i(x) = \begin{cases} m_i x + b_i & \text{for } \alpha_i \leq x \leq \alpha_{i+1} \\ 0 & \text{in other case} \end{cases} \quad (3)$$

$$m_i = \frac{\beta_{i+1} - \beta_i}{\alpha_{i+1} - \alpha_i} \quad (4)$$

$$b_i = \beta_i - m_i \alpha_i, \text{ for } i = \overline{0, N-1}. \quad (5)$$

For piecewise-linear approximation of the cumulative histogram function the Ramer-Douglas-Peucker (RDP) algorithm [16, 17] was taken as basic.

The essence of the algorithm is approximating initial curve f_o represented by the set of points $P_i(x_i; y_i) \in P$, $i = \overline{1..n}$, with piecewise-linear function f_a represented with points $O_j(x_j; y_j) \in O$, $j = \overline{1..m}$, $m \leq n$. The algorithm defines maximum distance (tolerance) between the original and the approximating function:

$$t = \max |f_o[P_i(x_i; y_i)] - f_a[O_i(x_i; y_i)]|, i = \overline{1..n}$$

This distance must be less than assigned maximum allowable tolerance, which determines desired accuracy of the approximation.

The initial curve is an ordered set of points or lines within $\varepsilon > 0$. The process of the curve approximation is shown in Fig. 1.

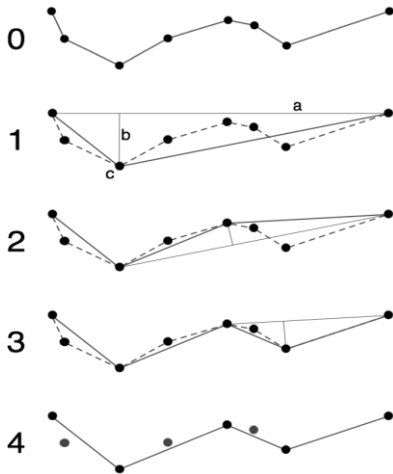


Fig.1.Steps of curve approximation by Ramer-Douglas-Peucker algorithm.

Input of the algorithm are the coordinates of all points between the first and the last ones. The algorithm recursively divides the line. The first and the last points are kept unchanged. Then the algorithm finds the point farthest from the line drawn through the first and the last. If the point is located at distance less than ε , then all the points that have not yet been signed for storing may be removed from the set and received line will smooth curve with an accuracy not less than ε .

If the distance is more than ε , then the algorithm recursively calls itself on the set of points from first to the current and from the current to the endpoint (which means that current point will be signed for storing).

After all the recursive calls output polygon is based only on those points that were signed for storing.

As an example the cumulative histogram of some face image and approximating function having five points got by the R-D-P algorithm are presented on Fig. 2.

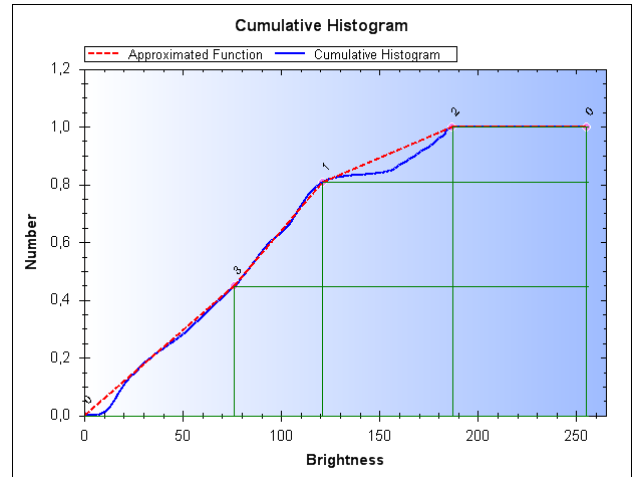


Fig.2. Cumulative histogram of image and approximating function by the Ramer-Douglas-Peucker algorithm

III. FACE IMAGE APPROXIMATION

Every digital image is a matrix of pixels. Its rows and columns are characterized by own functions of pixel intensity. These intensity functions could be approximated by piecewise linear functions as it is demonstrated in Fig. 3

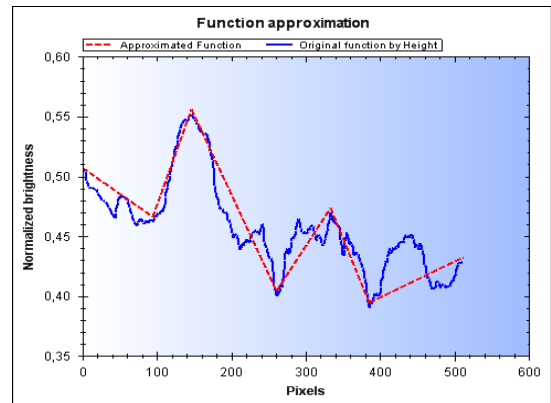


Fig. 3. Piecewise linear approximation of intensity function in pixel row (for large tolerance)

The main reason of piecewise linear approximation is compression of images because piecewise linear approximation has the same principles as the powerful known algorithms: it neglects high frequencies. We can observe this fact in Fig. 3. Applying the algorithm to all rows or columns of the image matrix we obtain the approximated image.

To estimate a quality of segmented and transformed images we use the root mean-squared error (MSE) and Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR):

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_{M,N} [I_1(m,n) - I_2(m,n)]^2}{M * N}}, \quad (7)$$

$$PSNR = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{255}{MSE} \right). \quad (8)$$

Here $I_1(m,n)$ and $I_2(m,n)$ are the original and approximated images of size $M \times N$, respectively.

The control parameter of the algorithm is a number n of rows or columns which indicates the matrix to be approximated as one row or one column. By this number we construct the mean intensity functions if n pixels for image with a width W and a height H :

$$y(k) = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{1,j}(k), \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{2,j}(k), \dots, \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{W,j}(k) \right\},$$





$$1 \leq k \leq W/n, \quad (9)$$

$$x(k) = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{1,j}(k), \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{2,j}(k), \dots, \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{W,j}(k) \right\},$$

$$1 \leq k \leq H/n, \quad (10)$$

Some results we can see in the Table where sizes of the coding arrays for two last compressed images (by 2 and 3 columns) are smaller than size of the corresponding jpeg files of the original image.

TABLE I. FACE IMAGE COMPRESSION BY DIFFERENT WIDTHS OF A COLUMN IN PIECEWISE LINEAR APPROXIMATION

	Number of columns (step)			
	1	2	3	
“1a” (260x 360)				
(MSE), %	1,83	2,14	2,33	
Compression ratio	6,08	12,6	17,1	
Time, s	0,39	0,24	0,18	
Coding array (b)	15383	7422	5472	
jpeg file	9291	9147	8608	8856

So, the Table demonstrates decreasing compression ratio and MSE according to the decreasing tolerance value. The compression ratio is calculated by a reference to the original image and a number of its pixels.

The next application of the approximation algorithm is an attempt to receive some new features for image

searching and classification. For a width W we form a set of numbers: $W/8, W/5, W/4, W/2, W$. These numbers indicate a width (in pixels) of the columns to be approximated as a column having a width of one pixel. So, real approximation is realized by piecewise flat planes having a width of 8, 5, 4, 2, 1 pixels. Corresponding approximated face images are given in Fig. 4.

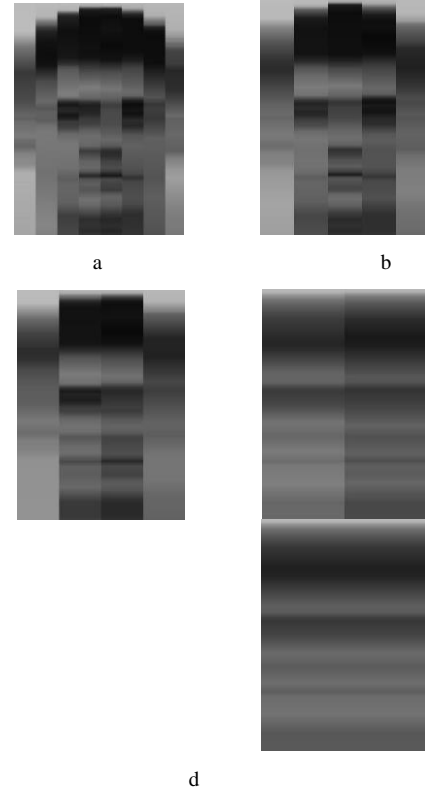


Fig. 4. Piecewise linear approximation of intensity column function: a - 8 columns, b - 5 columns, c - 4 columns, d - 2 columns, e - 1 column

For the last case when approximating the face image by flat planes in one column we obtain the following results: compression ratio – 821, mean square error – 18%, PSNR – 18.9 db. It is clear that approximation is weak. But in this case for us it is unessential because we are searching new properties for new possibilities.

IV. MULTILEVEL SEGMENTATION OF APPROXIMATED FACE IMAGE

For the image histogram

$$V = \sum_{i=1}^n V(i) \quad (13)$$

we calculate the cumulative histogram:

$$V_F(s) = \sum_{i=1}^s V(i) \quad (14)$$

where V is the overall number of image pixels, $V(i)$ is intensity frequencies, $V_F(s)$ is the accumulating frequency for the given intensity, n is the number of cumulative histogram intervals, s, i are interval numbers (intensity values).

The next experiment was held to perform multilevel segmentation. We apply the Ramer-Douglas-Peucker (RDP) algorithm to the function $V_F(s)$ of the image in Fig. 4.e to get 10 threshold values. In Fig. 5 we see its cumulative histogram and 10-lines approximating function got by the RDP algorithm.

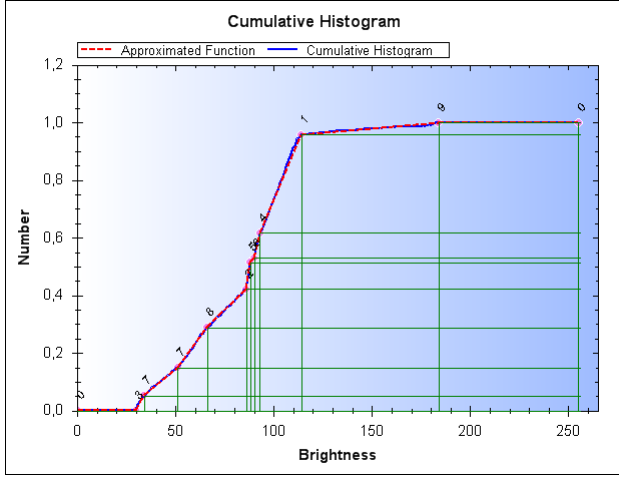


Fig. 5. Cumulative histogram of approximated face image and its approximating piecewise linear function

The final version of the approximating function has 12 points: two outside and ten inner. The coordinates of intensity intervals in the piecewise linear function give us four opportunities to change a color in the interval: left or right intensity coordinates according to Fig. 5, center or weighted mean intensity value of all pixel in the interval. So, we can choose one from four formulas:

$$I_{sk}(i, j) = I_k(l), (i, j) \in P_k, \quad (15)$$

$$I_{sk}(i, j) = I_k(r), (i, j) \in P_k, \quad (16)$$

$$I_{sk}(i, j) = [I_k(l) + I_k(r)]/2, (i, j) \in P_k, \quad (17)$$

$$I_{sk}(i, j) = l/n_k \sum_{z=l}^{n_k} n_{kz} I_{kz}, (i, j) \in P_k, \quad (18)$$

Here k is an index of the intensity interval, n_k is a number of pixels in the k -th interval, $I_{sk}(i, j)$ denotes pixels of k -th interval of the new segmented image, l, r indicate its left and right borders, n_{kz} is a number of pixels having intensity I_{kz} in k -th interval, P_k is a set of pixels belonging to I_k i.e. the k -th interval.

The new image (Fig. 6 b) of the approximated face now has quantized values of intensity corresponding to founded threshold values.

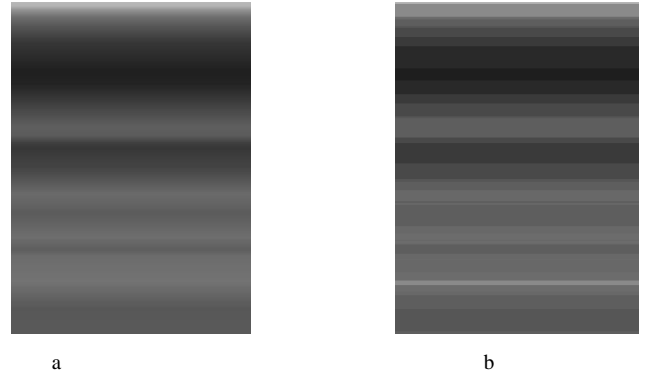


Fig. 6. Approximated face image (a) and its multilevel segmentation with 12 threshold values (b)

V. CONCLUSION

Algorithm for image intensity approximation and compression was realized and tested. Software of the method of multilevel thresholds for image segmentation based on piecewise linear approximation was developed. The developed algorithms were applied to segment approximated image to get the barcodes presentation of face images. New face features are planned for identification systems.

REFERENCES

- [1] Skodras, C. Christopoulos, T. Ebrahimi, "The JPEG 2000 Still Image Compression Standard," IEEE Signal processing magazine, pp. 23, 2001.
- [2] M. R. Nelson, "LZW data compression," Dr. Dobb's Journal, pp. 28–36, 1989.
- [3] U. Ramer, "An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves," Computer Graphics and Image Processing, vol. 1, no. 3, pp. 244–256, 1972.
- [4] D. Douglas, T. Peucker, "Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature," The Canadian Cartographer, vol. 10, no. 2, pp. 112–122, 1973.
- [5] S. Kundu, V.A. Ubhaya, "Fitting a Least Squares Piecewise Linear Continuous Curve in Two Dimensions," Computers and Mathematics with Applications, vol. 41, no. 7/8, pp. 1033-1041, 2001.
- [6] T. S. Chen, P. C. Chung, "A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding," Journal of information science and engineering, vol. 17, pp. 713-727, 2001.
- [7] Y. R. Huang, S. Wang, "Multilevel Thresholding Methods for Image Segmentation with Otsu Based on QPSO," Congress on Image and Signal Processing, pp. 701–705, 2008.
- [8] S. Arora, J. Acharya, A. Verma, P. K. Panigrahi, "Multilevel thresholding for image segmentation through a fast statistical recursive algorithm," Pattern Recognition Letter; vol. 29, pp. 119–125, 2008.
- [9] S. J. Mousavirad, H. E. Komleh, "Multilevel image thresholding using entropy of histogram and recently developed population-based metaheuristic algorithms," Evolutionary Intelligence, vol. 10, no. 1–2, pp. 45–75, July 2017
- [10] Agus Zainal. Arifin, "Akira Asano Image segmentation by histogram thresholding using hierarchical cluster analysis," Pattern Recognition Letters, vol. 27, pp. 1515–1521, 2006.

Carbon Footprint Calculation and Optimization Approach for CFOOD Project

Piotr Milczarski

*Faculty of Physics and
Applied Informatics
University of Lodz
Lodz, Poland*

piotr.milczarski@uni.lodz.pl

Artur Hłobaz

*Faculty of Physics and
Applied Informatics
University of Lodz
Lodz, Poland*

artur.hlobaz@uni.lodz.pl

Paweł Maślanka

*Faculty of Physics and
Applied Informatics
University of Lodz
Lodz, Poland*

pmaslan@uni.lodz.pl

Bartosz Zieliński

*Faculty of Physics and
Applied Informatics
University of Lodz
Lodz, Poland*

bartosz.zielinski@uni.lodz.pl

Zofia Stawska

*Faculty of Physics and Applied
Informatics
University of Lodz
Lodz, Poland*

zofia.stawska@uni.lodz.pl

Krzysztof Podlaski

*Faculty of Physics and Applied
Informatics
University of Lodz
Lodz, Poland*

krzysztof.podlaski@uni.lodz.pl

Piotr Kosiński

*Faculty of Physics and Applied
Informatics
University of Lodz
Lodz, Poland*

pkosinsk@uni.lodz.pl

Abstract—In the paper, the study of carbon footprint optimization process is shown in order to receive low-carbon products. A short description of the Carbon Footprint standards is provided. Basing on the conducting project CFOOD subsidized by Polish R&D Agency the optimization boundaries are discussed and presented. In the paper, the methods of carbon footprint are discussed. Basing on life cycle assessment (LCA) the model for carbon footprint is presented and discussed. LCA is then implemented to assess carbon footprint at the manufacturing and transportation stages in the food processing industry.

Keywords—carbon footprint; process optimization; expert systems; product life cycle assessment; food processing; global warming potential;

I INTRODUCTION

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) [1], the Kyoto Protocol [2] and the Paris Agreement [3] are well known examples that our world and governments are trying to divert climate changes. The climate changes have taken place several times in the Earth history also in the recent eon e.g. 10000 years in the northern hemisphere.

Nowadays, the climate changes are regarded as one of the greatest environmental, social and economic threats facing our planet. It is a result of the industrial revolution and statistically shows rapid increase in the average global temperature due to the increase in the atmospheric Greenhouse Gas (GHG) concentration, weather changes, draught etc.

The growing population also needs more food especially processed food due to increased urbanization [4][5]. That needs more supplies, raw materials and resources e.g. energy ones. Hence, not only governments or institutions e.g. the EU commission impose higher demands on lowering the usage of the energy resources (coal, fuels, electricity and gas) but also companies e.g. the food processing ones. The companies in their food processes are interested in implementing low-carbon technologies or solutions from economic reasons i.e. the less energy the cheaper product. It must be connected with the keeping-up the food standards [6].

The problem of the process optimization is widely known. In the agricultural and especially food processing industry different techniques are used starting from human-based experience through expert systems to implementing artificial intelligence [6][7][8]. The whole agricultural industry can use the whole variety of standards and good-procedures in their business. The example of such standards might be:

- PAS 2050 [9] - Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services ;
- ISO/TS 14067:2018 [10] -Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification;
- ISO14040:2006 [11] - Environmental management- life cycle assessment; principles and framework;
- ISO14064-1:2018 [12] - Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.

In our CFOOD project, the research is aimed at estimating carbon footprint (CF) for basic basket of frozen vegetable food by applying developed method and software (CF expert system, called CFexpert) as well as to develop innovative technologies for CF reduction by utilization of vegetable outgrades into valuable products. In the CF calculation task we take into account PAS 2050 and ISO/TS 14067:2018 to calculate/estimate CF and later on in the following optimization task of the food processing.

For individuals that are curious how to evaluate the CF in their common deeds we can recommend using some formulas provided by IBM in [13] as well as some CF calculators that can be found in Internet.

The paper is organized as follows. In Section II carbon footprint calculation and its different definition and approaches are presented widely. Life cycle assessment (LCA) and its stages is discussed in Section III. In the next section carbon footprint formulas for the acquisition of raw materials, manufacturing, transportation, usage, and recycle and disposal LCA stages. CFOOD project is shortly presented in the Section 5 as well as the optimization issues emerging and solutions applied to the project. The conclusions are shown in the final section.

II CARBON FOOTPRINT CALCULATION

In the paper, to estimate carbon footprint (CF) for a given product we take into account PAS 2050 [9] and ISO/TS 14067:2018 [10] as mentioned in Sec. I. . The terms carbon emission and carbon footprint are widely used as an indicator of environmental performance, which is derived from ecological footprint. The carbon footprint of a company, a building, land, a structure, or a retail location is measured in tons/kilograms of CO₂ per year, called equivCO₂.

Product carbon footprint refers to the emission of a variety of GHG gases in a product life cycle. All GHGs specified by IPCC 2007 [14]– includes carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), nitrous oxide(N₂O) plus families of gases like hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs), fluorinated ethers (see examples in Tab. I).

TABLE I. DIRECT (EXCEPT FOR CH₄) GLOBAL WARMING POTENTIALS (GWP) RELATIVE TO CO₂

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP for 100-year time horizon
Carbon dioxide	CO ₂	1
• Methane	CH ₄	25
• Nitrous oxide	N ₂ O	298
• CFC-11	CCl ₃ F	4,750
• CFC-12	CCl ₂ F ₂	10,900
• CFC-13	CCIF ₃	14,400
• Carbon tetrachloride	CCl ₄	1400

Carbon footprint is typically calculated by considering carbon emission factors and activity data, which could be evaluated by life cycle assessment (LCA). LCA is based on life cycle inventory (LCI), which is a repository that includes the data of resource and energy consumptions as well as emissions to the environment throughout the global product life cycle, see Fig. 1. What is equally important, the problem of uncertainty associated with all phases in the LCI is important to make LCA-based decisions correctly according to the standards not common sense.

In the Tab. I Global Warming Potentials (GWP) [14] used for the CF calculations are shown. The values of global warming potentials for GHGs to be used in calculations shall be in accordance with Tab. I.

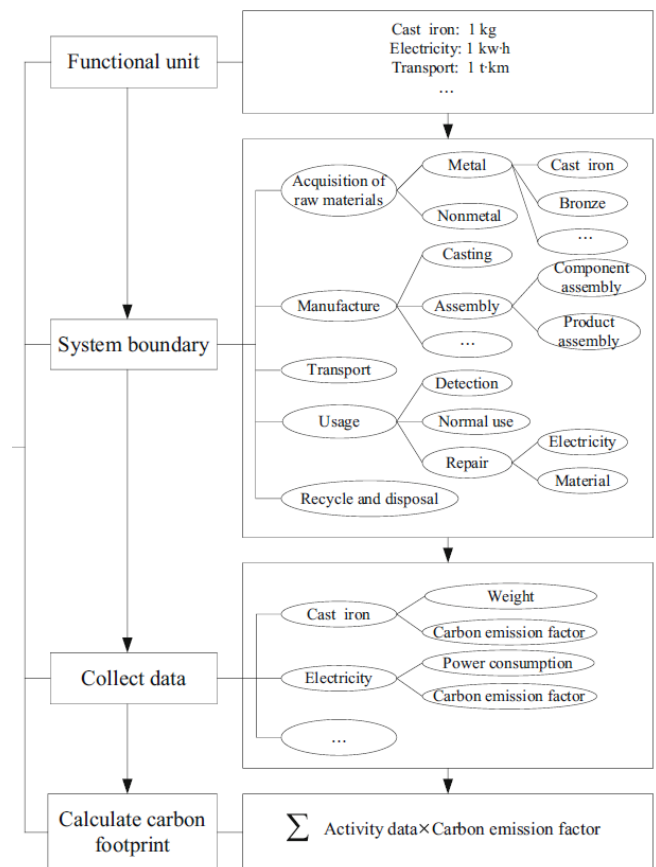


Fig. 1. Life cycle assessment (LCA) in carbon footprint (CF) estimation.

III LIFE CYCLE ASSESSMENT IN CARBON FOOTPRINT CALCULATION

LCA is a widely used approach to assess the actual environmental impact of a product caused by its production and use. The standards to evaluate the product carbon footprint in the LCA are mainly PAS 2050 and ISO/TS 14067.

The life cycle is defined as a series of consecutive stages of a product by ISO 14040 [12], including acquisition of raw materials (in our case vegetable crops), manufacturing (food processing), transportation, usage, and recycle and disposal. The LCA framework includes the determination of the objective and scope of the evaluation, inventory analysis, life cycle impact assessment, and life cycle interpretation [12]. PAS 2050 uses the LCA framework to evaluate GHG emissions from products, either business-to-consumer or business-to-business. Its main goal is to minimize carbon footprint. The potential environmental impacts of a production system, either for the entire life cycle of the product or a specific stage, could be effectively assessed through the LCA of the product.

In the paper, a carbon footprint calculation is proposed to quantify the carbon footprint for all stages of production.

The LCA is divided into four stages, see Fig. 1:

1. Functional units selection – their selection should be the same for stages of life cycle.
2. System boundary determination – to indicate the calculation scope; some factors that constitute to less than 1% of total value can be omitted in some cases e.g. input of human and animal power.
3. Data collection - to calculate carbon footprint include activity data and carbon emission factors in the product life cycle as well as their accuracy.
4. Carbon footprint calculation – it is described in the subsection II.B.

IV CARBON FOOTPRINT CALCULATION

According to the definition of product life cycle and the analysis of product carbon footprint given in the PAS 2050 [9], the contribution of carbon footprint is divided into five stages for the entire product life cycle: acquisition of raw materials, manufacturing, transportation, usage, and recycle and disposal. Hence, the total CF for a given product or its unit value can be expressed in following formula:

$$CF = \sum_{i=a}^r CF_i \quad (1)$$

where i is each of the stages of product life cycle, $i = a, m, t, u$ and r are for the acquisition of raw materials, manufacturing, transportation, usage, and recycle and disposal stage, respectively.

Carbon footprint of product at the acquisition of raw materials, manufacturing and transportation stage can be calculated with very similar formula that is as follows:

$$CF_i = \sum_{k=1}^{M_i} M_{ik} * C_{ik} + \sum_{m=1}^{G_i} G_{im} * GWP_{im} \quad (2)$$

where M_i , G_i , M_{ik} , C_{ik} , G_{im} and GWP_{im} differ at acquisition of raw materials, manufacturing and transportation stage and have different meaning and they are summed up in Tab. I. Generally speaking:

- M stands for materials, manufacturing or transportation;
- G is the number of direct GHG emissions at each of these stages and the transportation stage this factor as well as the corresponding ones are more sophisticated than in other two stages.

In the transportation stage the generated carbon footprint depends on many other factors. The lorries can have different loads, fuels, as well as during the combustion different GHGs might be present. It might be summarized by the value of activity data at the transportation stage that is estimated for $i=t$ as

$$T_{tk} * \Lambda_{tk} * EI_{tk}, \quad (3)$$

where:

- T_{ij} is the quantity of transportation shipment including materials, parts, products, waste, etc. in the k -th transportation stage;
- L_{tk} is the transportation distance in the k -th transportation;
- EI_{tk} is the energy intensity of the k -th transportation mode. EI_{tk} in other words can be briefed as the energy consumption per unit of energy quantity and per unit of distance in the k -th transportation mode.

TABLE II. COEFFICIENTS INTERPRETATION IN ACQUISITION OF RAW MATERIALS, MANUFACTURING AND TRANSPORTATION STAGE

Coefficients	Stage		
	Acquisition of raw materials	Manufacturing	Transportation
M_i	the number of raw material types consumed at the acquisition of raw material	the number of manufacturing, processing and assembly activity processes	the number of transportation stages, including road, railway, flight, waterway, etc.;
G_i	the number of direct GHG emissions types at the acquisition of raw materials stage	the number of direct GHG emission types at the manufacturing and processing stage	the number of direct GHG emission types at the transportation stage
M_{ik}	the consumption of the k -th raw material	the consumption of the energy in the k -th manufacturing, processing and assembly activity processes	the consumption of the energy in the k -th transportation chain of the process
C_{ik}	the carbon emission factor of the m -th raw material	the carbon emission factors of the energy consumed in	the carbon emission factor of energy consumption in the

Coefficients	Stage		
	Acquisition of raw materials	Manufacturing	Transportation
		manufacturing, processing and assembly process	k -th transport mode
G_{im}	the emission of the m -th type GHG at the acquisition of raw materials stage	the emissions of the m -th type GHG at the manufacturing and processing stage	the emission of the m -th type GHG at the transportation stage in the whole chain
GWP_{im}	the global warming potential of the m -th type GHG	the global warming potential of the m -th type GHG	the global warming potential of the m -th type GHG in the whole transport chain

Carbon footprint of product at the usage and disposal stages can be also calculated in similar way to the previous ones.

V. CFOOD PROJECT OPTIMIZATION APPROACH

One of the aims of the CFOOD project is to use outgraded materials in the production of the new products e.g. vege-burgers. The outgrades can appear at different stages of the production line and they are 100% healthy and usable raw materials that can be used in manufacturing. That is why instead of treating them as the waste/disposal they would be used to develop innovative technologies for CF reduction by utilization of vegetable outgrades into valuable products: frozen vege-burgers, frozen pastes and lyophilized bars (lyobars), enriched in fiber, with improved health and nutritional value.

Different approaches in optimization problem in the measuring CF are used e.g. expert systems, machine learning and artificial intelligence. Well mathematically based approaches sensitivity analysis is used in [16]. The other approach is green supply chain network design is used [16]. Artificial intelligence and computer vision examples are shown in [17]. One of the problems in CF calculations is assessment of water usage named water footprint and it is shown in [18][19]. LCA approach is also shown in [20][21].

Using the sensitivity analysis (SA) in product conceptual design the effect of changing a given input variable or design parameter on a given output of product carbon footprint quantitatively can be measured. Hence, implementing sensitivity analysis can assess and quantify the uncertainty in the product carbon footprint. That can also determine the impacts of design parameters on carbon footprint in a given system [15].

In that way carbon footprint could be reduced effectively by revising those most influential design parameters, this could led to optimization of the each stages of the life cycle. In our model used in the CFOOD project, the sensitivity S_i of carbon footprint function described also in the formulas (1)-(3) $CF_i(p_1, p_2, \dots, p_n)$ with respect to the i -th low-carbon design parameter p_i is calculated according to the formula

$$S_i = \frac{\partial CF_i(p_1, p_2, \dots, p_n)}{\partial p_i} \quad (4)$$

In the CFOOD project the measure system for the raw materials and energy resources as well as the transportation are especially prepared. The data from the various elements are united in one information, data acquisition system CFOOD_AS and the knowledge database (KDb). The data about raw materials (vegetables) as well as the usage of some energy resources as coal, gas etc. are inputted by the staff to the KDb system.

The production line elements are connected to the CFOOD_AS and the data from the sensors and meters is stored in KDb in the real time. Some data is also derived from the accountant system as shipment data.

CONCLUSIONS

The CFOOD project is at the initial stage. The whole acquisition system is connected and the first real-time tests are conducted. The business partner has started 2019 production campaign and the data for products from the chosen product basket is gathered by the acquisition system and stored in the knowledge database. From the other hand, the expert system and optimization system is tested and tuned on two products from the production line.

In 2019 the developed by the authors CFExpert system is planned to be combine with the data acquisition system. The first process optimization will be done to reduce CF in the products, mainly by lowering the energy resources and water consumption as well as the usage of the outgrades in the new products, that appear during the production in around 5-10%.

ACKNOWLEDGMENT

TABLE II. We would like to acknowledge the whole consortium of the CFOOD project especially IBPRS department from Lodz, that is the leader of the whole project for their great and successful effort to combine multidisciplinary but very distant research areas in CFOOD project.

REFERENCES

- [1] United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved 01 July 2019.
- [2] Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. UN Treaty Database. Retrieved 27 June 2019.
- [3] Paris Agreement. United Nations Treaty Collection. Retrieved 27 June 2019.
- [4] H. C. J. Godfray, Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, pp. 812–818, 2010.
- [5] P. Meyfroidt, Trade-offs between environment and livelihoods: Bridging the global land use and food security discussions. *Glob. Food Secur.* 16, pp. 9-16, 2018.
- [6] S. A. Ali, L. Tedone, G. De Mastro, Optimization of the environmental performance of rainfed durum wheat by adjusting the management practices. *J. Clean. Prod.* 87, pp. 105–118, 2015.
- [7] M. Kulak, T. Nemecek, E. Frossard, G., Gaillard, Eco-efficiency improvement by using integrative design and life cycle assessment.

- The case study of alternative bread supply chains in France. *J. Clean. Prod.* 112, pp. 2452–2461, 2016.
- [8] M. A. Renouf, C. Renaud-Gentie, A. Perrin, C. Kanyarushoki, F. Jourjon, Effectiveness criteria for customised agricultural life cycle assessment tools. *J. Clean. Prod.* 179, 246–254, 2018.
- [9] PAS 2050 (2011) “The Guide to PAS2050-2011, Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution.
- [10] ISO/TS 14067 (2018) Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification. International Organization for Standardization, Geneva.
- [11] ISO14040 (2006) Environmental management-life cycle assessment:principles and framework. International Organization for Standardization, Geneva.
- [12] ISO14064-1 (2018) Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. International Organization for Standardization, Geneva.
- [13] Carbon footprint calculation formulas IBM Knowledge Center - https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSFCZ3_10.5.1/com.ibm.tri.doc/tre_measure/r_carbon_fp_calc.html. Retrieved 27 June 2019.
- [14] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006), URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>, Retrieved 27 June 2019.
- [15] B. He, et al., Low-carbon conceptual design based on product life cycle assessment. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 81, pp. 863-874, 2015.
- [16] S. Elhedhli, R. Merrick, “Green supply chain network design to reduce carbon emissions.” *Transp Res Part D* 17, 2012, pp. 370–379.
- [17] I. Patricio, R. Rieder, Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153 , pp. 69-81, 2018.
- [18] Borsato, et al., Comparison of Water-focused Life Cycle Assessment and Water Footprint Assessment: The case of an Italian wine. *Science of The Total Environment* 666, pp. 1220-1231, 20 May 2019.
- [19] E., Borsato, et al., Evaluation of the grey water footprint comparing the indirect effects of different agricultural practices. *Sustainability (Switzerland)* 10(11), Article number 3992, Nov 2018.
- [20] D. Perez-Neira, A. Grollmus-Venegas, Life-cycle energy assessment and carbon footprint of peri-urban horticulture. A comparative case study of local food systems in Spain. *Landscape and Urban Planning* 172, pp. 60-68, April 2018.
- [21] Nabavi-Pelesaraei, S. Rafiee, S.S. Mohtasebi, H. Hosseinzadeh-Bandbafha, K. Chau, Energy consumption enhancement and environmental life cycle assessment in paddy production using optimization techniques. *J. Clean. Prod.*, 162 (2017), pp. 571-586.

Имитационное Моделирование Распределения Инвестиций В Системах Кибербезопасности

Александр Милов

кафедра кибербезопасности и информационных технологий

Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця

Харьков, Украина

Oleksandr.Milov@hneu.net

Сергей Евсеев

кафедра кибербезопасности и информационных технологий

Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця

Харьков, Украина

serhii.yevseiev@hneu.net

Simulation Modeling Distribution of Investments In Cyber Security Systems

Oleksandr Milov

dept. of cybersecurity and information technology

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Kharkiv, Ukraine

Oleksandr.Milov@hneu.net

Serhii Yevseiev

dept. of cybersecurity and information technology

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Kharkiv, Ukraine

serhii.yevseiev@hneu.net

Аннотация—Рассмотрены существующие проблемы моделирования распределения средств на защиту от кибератак. Указано на недостаточное внимание поведенческим аспектам взаимодействия антагонистических агентов киберконфликта. Предлагается имитационная модель, позволяющая имитировать процессы динамического взаимодействия между защитником и злоумышленником, лежащее в основе выбора вектора кибератаки, средств противодействия, определяющие распределение средств для защиты различных ресурсов.

Annotation—Current problems of modeling the distribution of funds for defense against cyber attacks are considered. Insufficient attention is paid to the behavioral aspects of the interaction of antagonistic agents of cyber conflict. A simulation model is proposed to simulate the processes of dynamic interaction between the defender and the attacker, which underlies the choice of the cyber attack vector and the means of counteraction, which determine the distribution of means for protecting various resources.

Ключевые слова—имитационное моделирование, кибербезопасность, инвестиции

Keywords—simulation, cybersecurity, investment

I. ВВЕДЕНИЕ

Защита ИТ-систем, данных, интеллектуальной собственности и бизнес-процессов от атак, неправомерного использования или технических сбоев стала и, по прогнозам, останется ключевой задачей для

организаций [1, 2], связанной с принятием оптимальных инвестиционных решения для борьбы с кибератаками.

Анализ показывает, что ландшафт ИТ-безопасности формируют не только технологические проблемы, но и финансовые, с которыми компании сталкиваются при реализации мер по предотвращению потерь и реагированию на усилия по восстановлению ущерба в результате киберпреступлений [3]. В этом контексте крайне важно знать, как компании могут эффективно защитить себя от кибератак.

II. АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ научных публикаций показал, что при принятии инвестиционных решений в области безопасности динамическое взаимодействие между злоумышленниками и защитниками либо только упоминается, либо игнорируется вовсе. Многие проблемы информационной безопасности связаны с качественными и нефинансовыми проблемами [4], такими как поведенческие аспекты. Такие поведенческие аспекты могут включать взаимодействия злоумышленника и защитника, влияющие на принятие инвестиционных решений в области информационной безопасности.

Поэтому целью исследования является разработка системно-динамической модели, которая описывает динамическое взаимодействие между защитником и злоумышленником, лежащее в основе выбора как вектора кибератаки, так и средств противодействия.

III. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследование базируется на теоретических положениях инвестиционных процессов в информационную безопасность. Рассматривается имитационная модель поведения обоих противников условиях киберконфликта, отражающая реализацию «жди и смотри» для защитников и «самого слабого звена» для атакующей стороны. Модель позволяет промоделировать поведение сторон конфликта при реализации процедур выбора вектора атаки нападающей стороной и выбора средств противодействия защищающейся стороной. Общая структура модели, включающая подмодели защитника, нападающего среды противостояния, представлена на рис.1.

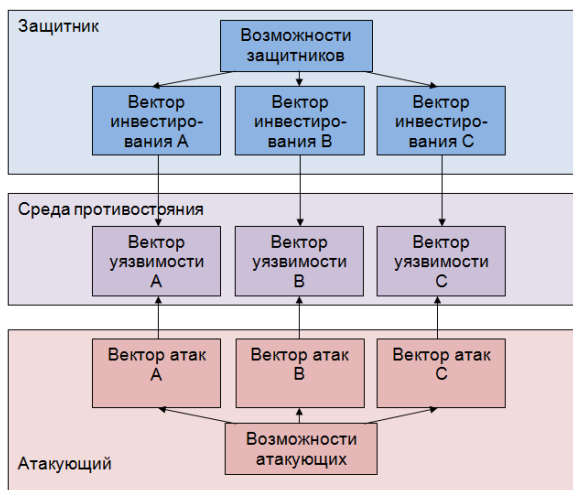


Рис. 1. Общая структура имитационной модели

Взаимодействия между злоумышленниками и защитниками должны учитывать такие элементы, как базовая структура, которая генерирует долгосрочное инвестиционное поведение, нелинейности, механизмы обратной связи, задержки, обучение и т. д., которые имеют жизненно важное значение для улучшения понимания процессов принятия решений и поведения в противостоянии [5]. Эти факторы формируют основные строительные блоки для методологии системной динамики, которая использует компьютерное имитационное моделирование для анализа политики и проектирования в сложных динамических системах.

Модель описывает динамическое взаимодействие между защитником, который сталкивается с неопределенностью в отношении стратегии атак злоумышленников, и злоумышленником, который выбирает для атак самое слабое звено. Это приводит к тому, что защитники со временем приспособливают свои стратегии в зависимости от зарегистрированных успешных атак. Предложенная модель позволяет исследовать баланс между проактивными и реактивными инвестициями в безопасность, моделируя сценарии поведения противодействующих сторон в условиях неопределенности.

Модель, которая учитывает сложности инвестиционных решений в области безопасности и

позволяет исследовать различные стратегии распределения ограниченных инвестиционных средств для защиты различных информационных ресурсов в зависимости от предпринимаемых действий стороной нападения. На рис.2 представлена динамика успешных атак (в соответствии с векторами угроз), а на рис. 3 – динамика распределения ограниченных средств, выделяемых на защиту от различных кибератак.

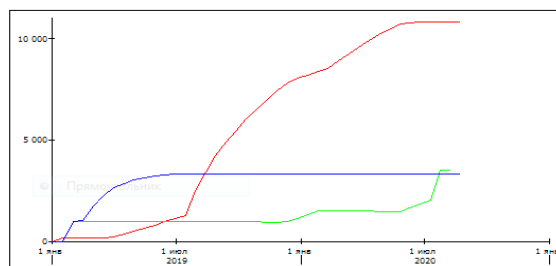


Рис. 2. Динамика успешных атак (в соответствии с векторами угроз)

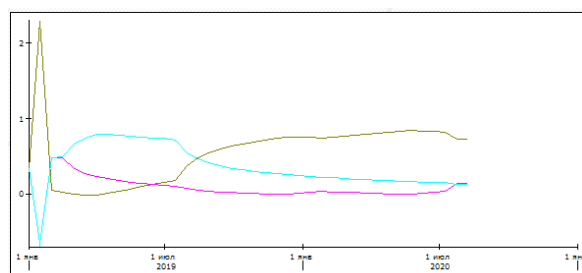


Рис. 3. Динамика распределения бюджета инвестиционного проекта по векторам защиты ресурсов.

IV. ВЫВОДЫ

Результаты имитационного моделирования продемонстрировали, прежде всего, возможность учета человеческого фактора в процессах взаимодействия сторон киберконфликта. Полученные результаты отражают зависимость между интенсивностью кибератак соответствующего вектора и долей средств инвестиционного бюджета, направляемых на защиту от атак соответствующего вектора. Это позволяет надеяться на получение результатов моделирования разнообразных сценариев и стратегий распределения ограниченных средств, выделяемых на организацию защиты ресурсов от разнообразных кибератак.

Литература References

- [1] M. Suby and F. Dickson, "The 2015 (ISC) Global Information Security Workforce Study" in *A Frost & Sullivan White Paper*, 2015, pp.1-28.
- [2] *Garmer*, "IT Key Metrics Data 2012: IT Enterprise Summary Report" in *Garmer RAS Core Research*, 2012.
- [3] L. A. Gordon and R. Richardson, "The New Economics of Information Security" in *Information Week*, 2004, April 13, pp. 53-56.
- [4] R. Bohme and T. Moore, "The Iterated Weakest Link A Model of Adaptive Security Investment" in *Workshop on Economics in Information Security*, London, 2009, pp. 24-25.
- [5] I. J. Martinez-Moyano, R. Oliva, D. Morrison and D. Sallach, "Modeling Adversarial Dynamics" in *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*, 2015, pp. 2412-2423.

Підхід до Моделювання Інформаційних Операцій в Соціальних Інтернет-Сервісах

Катерина Молодецька

*навчально-науковий центр інформаційних технологій
Житомирський національний агроекологічний
університет
Житомир, Україна
0000-0001-9864-2463*

Юрій Тимонін

*кафедра комп'ютерних технологій і моделювання
систем
Житомирський національний агроекологічний
університет
Житомир, Україна
0000-0002-0179-5226*

Approach to Modeling Information Operation in Social Networking Services

Kateryna Molodetska

*Educational and Scientific Center of Information
Technologies
Zhytomyr National Agroecological University
Zhytomyr, Ukraine
0000-0001-9864-2463*

Tymonin Yurii

*Computer Technology and Modeling Systems Department
Zhytomyr National Agroecological University
Zhytomyr, Ukraine
0000-0002-0179-5226*

Анотація—В результаті проведених досліджень розроблено модель інформаційної операції у соціальних інтернет-сервісах. Модель дозволяє враховувати процеси розвитку соціальних інтернет-сервісів завдяки утворенню нових зв'язків між акторами та утворенню віртуальних спільнот. Одночасно в основу моделі покладено процеси деградації соціальних інтернет-сервісів, які пов'язані з дисипацією контенту. Розроблену модель використано для експериментального дослідження реальної інформаційної операції в соціальних інтернет-сервісах. Доведено адекватність застосування розробленої моделі та визначено якісні характеристики інформаційної операції у соціальних інтернет-сервісах.

Abstract—Social networking services have become the leading channel of communication users. Therefore, social networking services are used by intruders to gain benefits in the information space of virtual communities for further influence on political and social processes in the state. The interaction of actors can go into chaotic dynamics not only in virtual communities, but also in real life. The study of the peculiarities of conducting information operations in social networking services and their impact on the interaction of actors in virtual communities is relevant for ensuring information security of the state. As a result of the conducted research was developed the model of information operation in social networking services. The model takes into account the processes of social networking services due to the formation of new connections between actors and the formation of virtual communities. The model is based on the processes of degradation of social networking services

related to the dissipation of content. The developed model is used for experimental research of real information operation in social networking services. The adequacy of the application of the developed model and the qualitative characteristics of the information operation in social networking services are determined. The developed model of the information operation in social networking services allows taking into account the processes of development and degradation of the virtual communication space under the action of content. This model can be used for the operational forecasting of information operation in social networking services.

Ключові слова—соціальний інтернет-сервіс, інформаційна операція, контент, актор, інформаційна безпека держави

Keywords—social networking services, information operation, content, actor, informational security of state

I. ВСТУП

Зміни, які відбулися у системі стратегічних комунікацій, передусім обумовлені новітніми досягненнями у сфері інформаційних технологій. Наразі соціальні інтернет-сервіси (СІС) охоплюють найбільшу частку світового ринку засобів масової комунікації [1-5]. Така популярність пов'язана з динамічним розвитком інструментальних засобів взаємодії користувачів СІС – акторів. Зважаючи на суттєвий вплив, який здійснюють СІС при формуванні національного інформаційного

простору кожної держави світу, вони перетворилися на об'єкт впливу загроз інформаційній безпеці держави (ІБД) [2, 4]. Внаслідок поширення контенту деструктивного змісту в інформаційному просторі СІС реалізуються інформаційні операції, метою яких може бути маніпулювання суспільною думкою для досягнення протидіючою стороною поставлених цілей – підбурювання громадян до протестного руху, проявів ворожнечі на різному підґрунті, повалення конституційного ладу держави тощо. Таким чином, існує нагальна потреба забезпечення сталого розвитку і безпеки світового інформаційного простору. Тому метою досліджень є формалізація процесів поширення контенту деструктивного змісту акторами у СІС при проведенні інформаційних операцій проти ІБД.

II. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

A. СІС як складні динамічні системи

Результати досліджень [5] показали, що СІС належать до класу складних нелінійних динамічних систем. Зважаючи на здатність процесів взаємодії акторів СІС переходити до хаотичної динаміки, віртуальні спільноти перетворюються на некеровані об'єкти з непрогнозованою поведінкою. Відповідно до положень теорії хаосу, СІС є чутливими до зміни параметрів інформаційного простору віртуальних спільнот внаслідок реалізації загроз ІБД. У точках біфуркації, які представляють собою критичні стани віртуальної спільноти акторів у СІС, виникає невизначеність щодо подальшої траєкторії її еволюції. У випадку здійснення деструктивного інформаційного впливу в точці біфуркації, СІС переходить до попередньо визначеного протидіючою стороною атрактора, в якому реалізується заданий стан ІБД. Тоді актори СІС внаслідок маніпуляції суспільною думкою перетворюються на штучно керовані об'єкти не тільки у інформаційному просторі, але і в реальному житті. При цьому такий інформаційний вплив і управління акторами є не лише прихованими, а й складними для виявлення. Основними формами ведення інформаційних дій протидіючою стороною є інформаційні акції, які об'єднуються в інформаційні операції, а ті у свою чергу – в інформаційні кампанії. Вирішенню проблеми дослідження здійснення таких інформаційних операцій та можливості їх прогнозування присвячена значна кількість академічних досліджень. Однак, розглянуті в [1, 3, 5] моделі не враховують особливостей здійснення інформаційних операцій в СІС, зокрема проведення при цьому окремих інформаційних акцій, об'єднаних спільною метою, критичного сприйняття акторами деструктивного контенту спрямованого змісту, який поширюється під час інформаційних операцій, зміни динаміки процесів взаємодії акторів у СІС та можливості подальшого переходу системи до некерованого стану. Отже, зважаючи на складну природу процесів соціальної комунікації в СІС, дослідження таких явищ потребує розроблення таких математичних моделей інформаційних операцій в СІС, які дозволять

формалізувати та завчасно виявляти процеси хаотизації взаємодії акторів.

B. Особливості розробленої моделі інформаційної операції в СІС

Нормальне функціонування СІС пов'язане з необмеженим поширенням контенту. Завдяки цьому СІС розвиваються внаслідок залучення до сервісів нових акторів, зацікавлених у споживанні унікального контенту на різні тематики. У СІС ускладнюється структура зв'язків між акторами – утворюються нові та посилюються слабкі, відбувається об'єднання у віртуальні спільноти акторів з відповідними світоглядами тощо. Зростання кількості контенту в СІС призводить до зменшення рівня ентропії в інформаційному просторі віртуальних спільнот. В умовах проведення інформаційної операції в СІС такий контент містить деструктивний інформаційний вплив на акторів, спирається на ефективний наратив, метою якого є формування заданої суспільної думки щодо низки визначених питань. Такі процеси описуються диференціальним рівнянням зростання [5]. Для СІС невід'ємними є процеси дисипації контенту. Вони пов'язані з впливом, який здійснює поширюваний під час інформаційних операцій контент спрямованого змісту. Під дією спеціальних тригерів у акторів провокується поява заданого емоційного стану, поведінкових реакцій тощо. Одночасно такий контент з СІС поширюється й у інші ЗМІ та публічно обговорюється суспільством на різних площадках для впливу на масову свідомість громадян. Внаслідок процесів дисипації контенту в СІС відбувається зростання рівня ентропії інформаційного простору віртуальних спільнот, що доцільно описати диференціальним рівнянням другого порядку. Відомо, що зростання обсягу контенту в СІС і його дисипація взаємопов'язані між собою. Тому доцільно формалізувати такий зв'язок між розглянутими явищами у вигляді різниці коефіцієнту зростання кількості публікацій контенту в інформаційному просторі СІС протягом проведення інформаційної операції та показника динаміки контенту в СІС, який поширюється при проведенні інформаційної операції. Такий підхід дозволить врахувати процеси зростання кількості публікацій контенту спрямованого змісту в СІС та їх дисипації в інформаційному просторі. Сама модель інформаційної операції формалізується у вигляді диференціального рівняння, що є аналогом рівняння фізичних систем другого порядку, поведінка яких описується коливальними процесами.

III. ВИСНОВКИ

Отже, розроблено модель інформаційної операції у СІС, яка дозволяє врахувати процеси розвитку та деградації віртуального комунікаційного простору під дією контенту. Для якісної характеристики інформаційних операцій в СІС з використанням методу аналогії запропоновано використовувати показники, які застосовуються для оцінювання коливальних процесів в теорії динамічних систем. Такий підхід забезпечить

підвищення ефективності та оперативності заходів щодо протидії загрозам ІБД у СІС.

REFERENCES

- [1] S. J. Kwon, E. Park, K. J. Kim, "What drives successful social networking services? A comparative analysis of user acceptance of Facebook and Twitter," *The Social Science Journal*, 51(4), pp. 534-544, 2014.
- [2] R. Hryshchuk, K. Molodetska-Hrynhchuk, "Methodological Foundation of State's Information Security in Social Networking Services in Conditions of Hybrid War," *Information & Security: An Intern. J.*, Vol. 41, pp. 55-73, 2018.
- [3] M. Weskida, R. Michalski, "Finding Influentials in Social Networks using Evolutionary Algorithm," *J. of Comput. Sc.*, Vol. 31, pp. 77-85, 2018.
- [4] R. Hryshchuk, K. Molodetska, Yu. Serov, "Method of improving the information security of virtual communities in social networking services," *Control, Optimisation and Analytical Processing of Social Networks : Proc. of the 1st Int. Workshop on COAPSN-2019*, Vol. 2392, pp. 23-41, 2019. [Online] Available: <http://ceur-ws.org/Vol-2392/paper3.pdf>.
- [5] V. P. Horbulin, O. H. Dodonov, D. V. Lande, *Information operations and safety of society: threats, opposition, modeling*, Intertechnology, Kyiv, 2009. (in Ukrainian).

Інтелектуальна Система Підтримки Прийняття Лікарського Рішення

Ольга Мунтян
кафедра акушерства та
гінекології №2
Вінницький національний медичний
університет ім. М.І. Пирогова
Вінниця, Україна
olgamuntyan1987@gmail.com

Максим Мунтян
кафедра хірургічної стоматології
і щелепно-лицевої хірургії
Вінницький національний медичний
університет
ім. М.І. Пирогова
Вінниця, Україна
masjatina22@gmail.com

Анатолій Яровенко
кафедра математики та
інформатики
Вінницький державний
педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
Вінниця, Україна
yar_vdpu@ukr.net

Intelligent System of Support For Making a Medical Decision

Olga Muntian
dept. of obstetrics and gynecology
№2
National Pirogov Memorial
Medical University
Vinnitsia, Ukraine
olgamuntyan1987@gmail.com

Maksym Muntian
dept. of surgical stomatology
National Pirogov Memorial
Medical University
Vinnitsia, Ukraine
masjatina22@gmail.com

Anatolii Iarovenko
dept. of Mathematics and Computer
Science
Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi
State Pedagogical University
Vinnitsia, Ukraine
yar_vdpu@ukr.net

Анотація—В статті розглянуто питання побудови медичних інформаційних систем для автоматизованого прийняття та підтримки прийняття рішення та представлено варіант такої системи підтримки прийняття рішення лікарем-акушером за результатами ультразвукової діагностики пацієнток на ранніх термінах вагітності.

Abstract—The article deals with the issues of the medical information system construction for the automated acceptance and decision support and presented a version of such a system of support for decision-making by the doctor-obstetrician on the results of ultrasound diagnosis of patients in the early stages of pregnancy.

Ключові слова—медична інформаційна система; система прийняття та підтримки прийняття рішень; вагітність; ультра-звукова діагностика; лікарське рішення; прогнозування; програмне забезпечення; база даних.

Keywords—medical information system; system for decision making and decision support; pregnancy; ultra-sound diagnosis; medical decision; forecasting; software; database.

I. ВСТУП

Сучасні системи підтримки прийняття рішень (СППР; англ. *Decision Support System*) виникли у результаті злиття управлінських інформаційних систем і систем управління базами даних і орієнтовані на сприяння в пошуку ефективного рішення. СППР є інформаційними системами третього покоління і призначені не для автоматизації функцій особи, яка приймає рішення (ОПР), але для підтримки її дій у пошуку ефективного рішення.

II. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СППР

Розглянуто принципи побудови СППР, визначено їх основні характеристики та компоненти. Встановлено, що обов'язковими компонентами СППР є база даних, яка містить інформацію про об'єкти, що аналізуються, та

база моделей, в якій зберігаються математичні, логічні, лінгвістичні та інші моделі, які використовують для багатокритеріального, порівняльного аналізу альтернатив рішення. Технологія опрацювання даних в СППР базується на методах інтелектуального аналізу даних з використанням апарату Data Mining (насамперед, методів класифікації, кластеризації, прогнозування, асоціації, ідентифікації та визначення змін) та багатомірного статистичного аналізу.

Медичні СППР

Особливо важливим і перспективним є використання СППР у сфері охорони здоров'я, зокрема для медичної діагностики. За даними звіту про тенденції в галузі охорони здоров'я від Stanford Medicine [1] майбутнє охорони здоров'я залежить від ряду важливих тенденцій, серед яких виділяють прогнозування та профілактику захворюваності. У цьому контексті, якісний аналіз даних може потенційно поліпшити лікування пацієнтів, знайти невідомі фактори ризику захворювань або виявити супутні захворювання, зробити медичну діагностику більш точною, покращити управління витратами, тощо. Разом з тим, медичні дані є одними з найбільш складних в дослідженні типів даних [2]. Специфіка діагностики захворювань чи патологій полягає в тому, що на ранніх стадіях вони відзначаються поганою симптоматичністю, тому навіть досвідченому лікарю досить складно виявити ознаки, які вказують на наявність захворювання. В таких випадках на допомогу приходить медичне діагностичне обладнання, яке дозволяє об'єктивно оцінити стан пацієнта. Сучасна медична діагностика базується на доказовому підході, який заснований на використанні високоточної апаратури і нових інформаційних технологій для отримання достовірних кількісних даних про стан організму людини. Ця інформація особливо корисна для практикуючих лікарів-клініцистів, так як дозволяє зв'язати анатомо-морфологічні та фізіологічні параметри досліджуваного органу для уточнення картини патологічного процесу [3, 4].

III. СППР Для Лікаря Акушера-Гінеколога

В цій роботі представлено варіант системи підтримки прийняття рішення лікарем акушер-гінекологом за результатами ультразвукової діагностики (УЗД) пацієнок на ранніх термінах вагітності. Відзначається, що проблема ранніх репродуктивних втрат залишається однією із самих актуальних та соціально значимих в сучасному акушерстві. Частота самовільного переривання вагітності становить від 15 до 23% усіх зареєстрованих вагітностей, при цьому близько 80% всіх репродуктивних втрат приходить саме на I триместр. Відсутність тенденції до зниження частоти невиношування вагітності та періодичне її зростання свідчить про недосконалість своєчасної діагностики та профілактики даного стану. Звичне невиношування вагітності являє собою поліетіологічний симптомокомплекс, в основі розвитку якого часто лежать структурні зміни ендометрію, інфекційні, ендокринні, імунологічні та генетичні фактори у різних поєднаннях та

співвідношеннях. Майже у 50% жінок причину звичного невиношування вагітності вияснити не вдається.

З метою створення СППР для лікаря акушера-гінеколога були виконані наступні дослідження:

- вивчені клінічні особливості перебігу вагітності при патології імплантації у жінок із звичним невиношуванням;
- оцінено гени системи гемостазу, ангиогенезу та регуляції функції ендотелію у пацієнок із звичним невиношуванням вагітності: PgR і VEGF;
- вивчено та оцінено стан кровотоку в спіральних та маткових артеріях у пацієнок із звичним невиношуванням вагітності в порівнянні з пацієнтками з реалізованою репродуктивною функцією;
- визначено прогностичні маркери розвитку невиношування вагітності;
- розроблено алгоритм прегравідарної діагностики та прогнозування розвитку невиношування вагітності.

Автори пропонують використати в якості прогностичних маркерів розвитку невиношування вагітності результати УЗД кровотоку в спіральних та маткових артеріях. Математико-статистичний аналіз результатів УЗД кровотоку в спіральних та маткових артеріях в трьох вікових підгрупах основної та контрольної груп дозволив встановити показники-індикатори (предиктори) потенційних патологічних порушень (невиношування вагітності) та обчислити межі довірчих інтервалів для їх значень. Розроблений алгоритм діагностики та прогнозування розвитку невиношування вагітності реалізований в представленій СППР.

ВИСНОВКИ

Розроблена СППР для лікаря акушера-гінеколога дозволяє мінімізувати ризики лікарських помилок, підвищити достовірність діагностики та вірогідність і обґрунтованість лікарських рішень.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] School of Medicine: Stanford Medicine 2017 Health Trends Report Harnessing the Power of Data in Health, 2017. Available: <https://med.stanford.edu/content/dam/sm/smnews/documents/StanfordMedicineHealthTrendsWhitePaper2017.pdf>
- [2] Avrunin O.G., Bodyanskyi E.V., Kalashnik M.V., Semenets V.V., Filatov V.O. Modern intelligent technology of functional medical diagnosis: monograph. – Kharkiv: KhNURE, 2018. – 236 с.
- [3] Intelligent technology in medical diagnosis, treatment and rehabilitation: monograph /edited by S. Pavlova, O. Avrunina. – Vinnytsya: «Edelveys&K», 2019. – 260 с.
- [4] A. Povoroznyuk, G. Mumladze, O. Povoroznyuk. Information support of diagnostic-therapeutic measures in medicine. – ITKI, vol 38, № 1, с. 22-29, June 2017.

Техніка Процесного Аналізу Розподілених Систем Управління

Любомир Петришин
каф. управління
підприємствами
AGH науково-
технологічний університет
Краків, Польща
l.b.petryshyn@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4168-3891

Віолета Цесьлік
каф. прикладної
інформатики
AGH науково-
технологічний університет
Краків, Польща
w.cieslik@gmail.com

Володимир Глущенко
каф. комп'ютерних систем
і мереж
Східноукраїнський
національний університет
ім. Володимира Даля
Севе́родонецьк, Україна
2847@i.ua

Марина Костяк
каф. захисту інформації
Національний університет
"Львівська політехніка"
Львів, Україна
markost@i.ua

Processes Analysis Technique of Distributed Management Systems

Lubomyr Petryshyn
dept. of Enterprise
Management
AGH University of Science
and Technology
Cracow, Poland
l.b.petryshyn@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4168-3891

Wioleta Ciešlik
dept. of Applied Computer
Science
AGH University of Science
and Technology
Cracow, Poland
w.cieslik@gmail.com

Volodymyr Glushchenko
dept. of Computer Systems
and Networks
Volodymyr Dahl East
Ukrainian National
University
Severodonetsk, Ukraine
2847@i.ua

Maryna Kostiak
dep. information security
Lviv Polytechnic National
University
Lviv, Ukraine
markost@i.ua

Анотація—Моделювання процесів управління в умовах міжсекторової кооперації на основі розподілених інформаційних систем дозволяє знизити витрати на розробку та експлуатацію таких складних систем. Запропонована техніка аналізу процесів дозволяє здекомпонувати загальний процес системи управління, а також здійснити візуалізацію інформаційних моделей і графічно представити процеси та спростити взаємопорозуміння між замовником і виробником системи на етапі її аналізу і проектування. Представлено основи системного аналізу та спрощений приклад розробки системи управління мережею дистрибуції продукції.

Abstract—Simulation of the processes of sectoral cooperation management in distributed information systems allows to reduce the means of introduction and exploitation of such complex systems. The proposed technique of process analysis allows to decompose of the overall management system process as well as visualize of information models and graphical representation of processes and simplifies the understanding at the analysis and design stage between the customer and the system developer. The system analysis bases and a simplified management system development example of the products distribution network are presented.

Ключові слова—процесний аналіз, візуалізаційне моделювання, інформаційні процеси, секторна кооперація, розподілені системи, управління

Keywords—process analysis, visualization modeling, information processes, sectoral cooperation, distributed systems, management

I. ВСТУП

Управління складними системами за умов міжсекторової кооперації вимагає застосування інформаційних технологій, що забезпечують відображення стану системи та процесів управління системою в режимі реального часу. Аналіз і візуалізація процесів управління дозволяє уникнути психологічного бар'єру і непорозумінь між клієнтом і розробником інформаційної системи, а також знизити затрати на розробку, впровадження та обслуговування таких складних систем.

Метою дослідження є представлення техніки процесового аналізу як основи візуальних методів моделювання процесів управління складними системами за умов міжсекторової кооперації, а також розробка

спрощеного прикладу системи управління мережею дистрибуції продукції.

Новизна роботи полягає у представленні техніки системного аналізу, яка при її впровадженні в процес інформаційного моделювання систем забезпечує візуалізацію процесів управління та спрощує розуміння їх перебігу.

Практичний аспект полягає в комплексному аналізі структури та перебігу процесів управління, уникненні непорозуміннь при формулюванні завдання та забезпеченні вимог замовника, а також зниженні затрат на створення та експлуатацію систем управління. В проекті розроблено спрощений приклад системи управління ланцюгами дистрибуції продовольчих товарів.

Основи візуального моделювання опубліковано в [1]. Проаналізуємо спрощений приклад системного процесового аналізу при моделюванні розподіленої системи управління мережею продаж продукції харчування по всій країні з метою спрощення та полегшення потенційному клієнтові вибору конкретного замовлення відповідно до його потреб у даний момент часу. Іншим аспектом є промування пунктів дистрибуції продукції на початковому етапі їх функціонування та розширення пропозиції продажу тих, хто вже працює на ринку.

На рис. 1 представлено аналіз організаційних підрозділів порталу та їх системних функцій, під час якого були розглянуті існуючі системи, що представляють подібні пропозиції на сучасному ринку продаж.

II. АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

A. Правління

Основною функцією ради правління є вибір директора, а також контроль техніко-економічної ефективності за результатами, які компанія досягає під його повноваженням.

B. Директор

Завданням директора є оптимальне управління всіма підрозділами компанії та досягнення максимальної техніко-економічної ефективності її функціонування.

C. Відділ продаж

Основною функцією цього відділу є продаж продукції та контроль всього процесу продаж, зокрема збір інформації про позиції, які найчастіше вибираються клієнтами, чи найбільш затребуваних ресторанами або комерційним партнерами. Цей відділ керує відділом обслуговування клієнтів, який дбає про хороші відносини з клієнтом і розглядає зголошені скарги.

D. Відділ постачання

Здійснює контроль правильного перебігу процесу постачання. Забезпечує доставку замовлення клієнта до постачальника відповідної продукції та контролює доставку замовлення постачальником до клієнта.

E. Фінансовий відділ

Займається фінансами та бухгалтерським обліком в компанії.

F. Відділ кадрів (HR)

Основною функцією є залучення нових працівників та створення можливостей для розвитку прийнятих працівників, наприклад, шляхом організації тренінгів та забезпечення належного внутрішнього спілкування. Діяльність відділу спрямована на створення раціональних умов праці та забезпечення розвитку працівників.

G. Відділ маркетингу

Займається організацією акцій та розробкою маркетингових стратегій, спрямованих на залучення нових клієнтів і збереження присутніх. Збирає інформацію та займається їх обробкою і аналізом з метою вибору оптимального способу поліпшення якості пропонованих послуг.

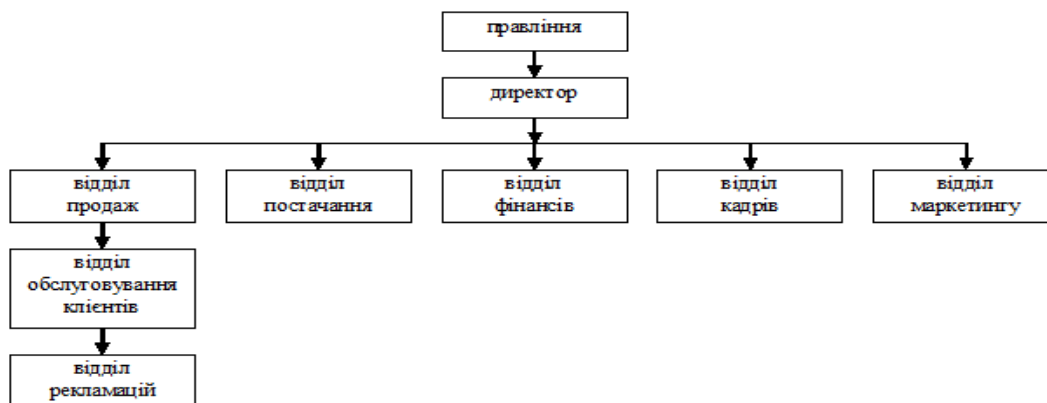


Рис. 1. Організаційна структура підрозділів системи управління.

Модельована система забезпечує комплексний сервіс он-лайн замовлень продукції споживання із доставкою на вказану адресу, а також кумуляцію пропозиції безлічі гастрономічних пунктів, що співпрацюють в системі. Модель реалізовано на взаємодіючих модулях: замовлення, доставок, фінансів, маркетингу, аналізу, продаж, обслуговування клієнтів, знижок.

Метою розробки та впровадження "Eat something" є спрощення процедури складання клієтом замовлення внаслідок представлення йому всіх дистрибуторів чи то ресторанів і здійснення легкого та швидкого вибору продукції, запотребованої на даний момент часу.

III. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ КОРИСТУВАЧІВ

- Ведення бази даних закладів громадського харчування та їх меню, рівнів цін, акцій, знижок, упакування, остаточний розрахунок ціни;
- Можливість обслуговування довільної кількості замовників;
- Прийняття замовлення, зголошеного клієнтом;
- Надання інформації про замовлення до відповідного пункту обслуговування;
- Підтримка акцій та знижок для постійних клієнтів;
- Реєстрація користувачів;
- Логування користувачів;
- Зміна даних користувачів;
- Інтегрування з системами управління окремих пунктів обслуговування;
- Обслуговування кошика замовлень-покупок;
- Збереження історії замовлень та їх статусів для подальшого аналізу;
- Підтримка каналів SMS інфообміну з клієнтами;
- Обслуговування електронної пошти (розповсюдження акційних пропозицій);
- Підтримка платежів PayU;
- Огляд приміщень і меню на базі заданих фільтрів;
- Уможливлення вибору позицій доповнень відповідно до уподобань клієнта в даний момент;
- Уможливлення вибору адреси доставки, способу оплати та спеціальних побажань клієнтів щодо доставки;
- Додавання та видалення рекламних оголошень, які відображаються протягом обмеженого часу.

IV. АНАЛІЗ НЕФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ КОРИСТУВАЧІВ

- База даних на основі технології SQL клієнт-сервер. У базовій версії програма доступна для Microsoft SQL Server;

- Доступні функції реплікації та резервного копіювання баз даних;
- Система співпрацює з веб- та мобільними додатками;
- Мобільний додаток доступний на платформах Android та iOS;
- Веб-додаток доступний для обслуговування всіма браузерами;
- Система хостингу розміщується на платформі Home.pl;
- Хостинг включатиме 64-розрядну систему Ubuntu;
- Серверна підтримка забезпечується Apache;
- Всі запити шифруються за допомогою SSL;
- Backend реалізовано у технології Java Spring;
- Frontend реалізований в технології AngularJS;
- Система доступна 24 години на добу і 7 днів на тиждень;
- Максимальний час недоступності системи становить 1 годину в місяць;
- Система забезпечує одночасний доступ до 1000 користувачів;
- Максимальний час реакції - 10 секунд;
- Система повинна забезпечити легке розширення;
- Підтримка 10 000 транзакцій на тиждень.

V. АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ

A. Виконання замовлення

- Прийняття складеного клієнтом замовлення;
- Перевірка чи актуальні на даний момент промоційні акції;
- Верифікація клієнта;
- Зворотний зв'язок про знижку для даного клієнта;
- Реєстрація транзакції;
- Передача замовлення до пункту обслуговування;
- Зворотний зв'язок щодо виконання замовлення клієнта партнером;
- Оповіщення клієнта про час реалізації замовлення.

B. Промування

- Розробка рекламної кампанії;
- Включення рекламних цін в систему;
- Збір результатів для аналізу протягом періоду промоції;
- Проведення аналізів після акцій промування.

C. Подача скарги клієнтом (за умови визнання)

- Інформація від замовника про порушення замовлення;
- Фіксування скарги в системі;
- Інформування пункту обслуговування;
- Зворотний зв'язок від пункту обслуговування щодо визнання скарги;
- Інформація для клієнта про визнання скарги.

VI. ДЕКОМПОЗИЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ

На основі аналізу процесів управління здійснено їх декомпозицію на наступні системні операції:

D1.M1 - Реєстрація замовлення в системі;

D1.M4 - Перевірка, чи актуальна на даний час рекламна кампанія для вибраного клієнтом продукту;

D1.M8 - Перевірка чи має даний клієнт право на знижку і, якщо так, то автоматично надає йому знижку;

D2.M1 - Отримання зворотного повідомлення;

D3.M3 - Фіксування транзакції;

D3.M5 - Відправлення замовлення до пункту обслуговування, з якого замовник обрав замовлення;

D3.M6 - Надання даних для аналізу;

D4.M1 - Отримання інформації з пункту обслуговування;

D5.M2 - Повідомлення клієнта про тривалість доставки;

D6.M4 - Розробка стратегії промування;

D7.M1 - Внесення рекламних цін у систему;

D8.M3 - Удокументування промоції;

D9.M6 - Збір результатів для аналізу під час промоції її та оцінка;

D10.M7 - Інформація від замовника про порушення замовлення;

D11.M1 - Розміщення скарг в системі;

D12.M5 - Інформування пункту обслуговування;

D13.M1 - Зворотний зв'язок від пункту обслуговування щодо визнання скарги;

D14.M7 - Інформація для клієнта про визнання скарги.

Здійснення вказаних системних операцій зумовило необхідність застосування наступного складу структурно-організаційних підрозділів системи:

M1 – відділ обробки замовлень;

M2 – відділ постачання;

M3 – відділ фінансів (бухгалтерія);

M4 – відділ маркетингу;

M5 – відділ продаж;

M6 – аналітичний відділ;

M7 – відділ обслуговування замовників;

M8 – відділ акцій та промування.

VII. ВИСНОВКИ

На основі розроблених методів візуалізації перебігу функціонування складних систем управління за умов міжсекторової кооперації визначено основи моделювання, що дозволило представити перебіг виконання процесів і здійснити управління інформаційною системою в реальному часі. Представлений матеріал є інтегрованою частиною публікації [2], в якій наведено методи та техніку візуалізації процесів управління, що, у свою чергу, дозволяють усунути психологічний бар'єр і уникнути взаємного непорозуміння між клієнтом і розробником інформаційних систем, а також знизити витрати на розробку, впровадження та обслуговування розподілених систем управління.

Досягнуто мету проекту, що полягала в системному аналізі процесу управління порталом гастрономічного сервісу. Здійснено декомпозицію системи на основі аналізу реальних процесів. Завдяки впровадженню системи можна оптимізувати витрати, покращити якість послуг та автоматизувати процеси доставки продукції.

Впровадження розробленої системи дозволило поліпшити обмін інформацією між окремими підрозділами та перейти до електронної системи управління. Впровадження змін у систему призвело до підвищення конкурентоспроможності компанії, а функціональність системи була адаптована до ринкових стандартів.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Л. Петришин, Я. Николайчук, “Аналитическое моделирование информационных систем автоматизированного управления” – “Analytical modeling of infosystems of automated management”. / Lyubomyr Petryshyn // in *Zarządzanie organizacjami w gospodarce rynkowej: X międzynarodowa naukowa konferencja "Zarządzanie przedsiębiorstwem. Teoria i praktyka"*: Kraków, 22-23 listopada 2007 r. / pod red. Wiesława Waszkielewicza; — Kraków: Wydawnictwa AGH, 2007. — ISBN 978-83-7464-153-1 — S. 268–275. — Bibliogr. s. 338, Abstr.
- [2] Л. Петришин, В. Цесьлік, М. Петришин, “Візуалізаційне моделювання процесів в розподілених системах управління” – L. Petryshyn, W. Cieslik, M. Petryshyn, „Processes Visualization Modeling in Distributed Management Systems” in *Intelligence Systems and Information Technologies: International Scientific and Practical Conference ISIT-2019. August 19-24, 2019, Odessa, Ukraine. Abstracts.* – Odessa: TES, 2019. – P. in press.

Візуалізаційне Моделювання Процесів в Розподілених Системах Управління

Любомир Петришин
*каф. управління підприємствами
AGH науково-технологічний
університет
Краків, Польща
l.b.petryshyn@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4168-3891*

Віолета Цесьлік
*каф. прикладної інформатики
AGH науково-технологічний
університет
Краків, Польща
w.cieslik@gmail.com*

Михайло Петришин
*каф. комп'ютерних наук та
інформаційних систем
Прикарпатський національний
університет ім. В. Стефаника
Івано-Франківськ, Україна
m.l.petryshyn@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6319-3768*

Processes Visualization Modeling in Distributed Management Systems

Lubomyr Petryshyn
*dept. of Enterprise Management
AGH University of Science and
Technology
Cracow, Poland
l.b.petryshyn@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4168-3891*

Wioleta Cieślík
*dept. of Computer Science
AGH University of Science and
Technology
Cracow, Poland
w.cieslik@gmail.com*

Mykhailo Petryshyn
*dept. of Computer Science
and Information Systems
Precarpathian National University
Ivano-Frankivsk, Ukraine
m.l.petryshyn@gmail.com ORCID:
0000-0001-6319-3768*

Анотація—Моделювання процесів управління в умовах міжсекторової кооперації на основі розподілених інформаційних систем дозволяє знизити затрати на розробку та експлуатацію таких складних систем. Запропонований метод візуалізації інформаційних моделей дозволяє здійснювати відображення процесів в графічному вигляді і спрощує взаємопорозуміння між клієнтом і виробником на етапі аналізу і проектування системи. Представлено основи візуалізаційного моделювання та спрощений приклад розробки багатосекторової системи управління мережею дистрибуції продукції.

Abstract—Modeling of management processes in conditions of cross-sectoral cooperation on the distributed information systems base allows to reduce the means of introduction and exploitation of such complex systems. The proposed method of information models visualization permit to graphically reflects of constituent processes and simplifies the understanding at the stage of analysis and design between the customer and the system developer. The basics of visualization modeling and simplified example of models development of multi-sectoral management system are presented.

Ключові слова—процесний аналіз, візуалізаційне моделювання, інформаційні процеси, секторна кооперація, розподілені системи, управління

Keywords—visualization modeling, information processes, sectoral cooperation, distributed systems, management

I. ВСТУП

Управління складними системами в умовах міжсекторової кооперації вимагає застосування інформаційних технологій, що забезпечують відображення стану і дозволяють керувати системою в режимі реального часу. Представлений у статті матеріал є інтегрованою частиною публікації [1], що представляє техніку аналізу процесів управління, яка, в свою чергу, є основою інформаційного моделювання. Візуалізація процесів управління дозволяє елімінувати психологічний бар'єр і уникнути непорозумінь між клієнтом і розробником інформаційних систем, а також знизити затрати на розробку, впровадження та обслуговування таких складних систем.

Метою розробки є представлення візуальних методів моделювання процесів управління складними системами в умовах міжсекторової кооперації, а також розробка спрощеного прикладу моделей системи управління мережею дистрибуції продукції.

Новизна роботи полягає у розробці та представленні методів графічного моделювання, що забезпечують візуалізацію процесів управління та спрощують розуміння їх перебігу. Практичним аспектом є можливість відображення структури та перебігу процесів управління, уникнення непорозумінь при формулюванні завдання та забезпечення вимог замовника, а також зниження затрат на створення та експлуатацію системи управління.

Основи візуалізаційного моделювання опубліковано в роботі [2]. Проаналізуємо спрощений приклад моделювання розподіленої системи управління мережею дистрибуції продукції в межах країни з метою спрощення та полегшення вибору і реалізації конкретного замовлення потенційним клієнтом відповідно до його потреб у довільний момент часу. На основі процесного аналізу та здійсненої декомпозиції системи управління [1] здійснимо інформаційне моделювання системи управління.

II. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ

Систему управління здекомпоновано на наступні організаційно-структурні підрозділи: M1 – відділ замовлень; M2 – відділ доставки; M3 – фінансовий відділ; M4 – відділ маркетингу; M5 – відділ продаж; M6 – відділ аналітичний; M7 – відділ обслуговування клієнтів (підтримки); M8 - відділ акцій та промоцій.

Результатом декомпозиції процесів системи управління є визначення наступних системних операцій [1]:

- D1.M1 - Реєстрація замовлення в системі;
- D1.M4 - Перевірка, чи актуальна на даний час рекламна кампанія для вибраного клієнтом продукту;
- D1.M8 - Перевірка чи має даний клієнт право на знижку і, якщо так, то автоматичне надання йому знижки;
- D2.M1 - Отримання зворотного повідомлення;
- D3.M3 - Фіксування транзакції;
- D3.M5 - Відправлення замовлення до пункту обслуговування, з якого замовник вибрав замовлення;
- D3.M6 - Надання даних для аналізу;
- D4.M1 - Отримання інформації з пункту обслуговування;
- D5.M2 - Повідомлення клієнта про тривалість доставки;
- D6.M4 - Розробка стратегії промування;
- D7.M1 - Внесення рекламних цін у систему;
- D8.M3 - Удокументування промоції;
- D9.M6 - Збір результатів для аналізу під час промоції та їх оцінка;
- D10.M7 - Інформація від замовника про порушення замовлення;
- D11.M1 - Розміщення скарг в системі;
- D12.M5 - Інформування пункту обслуговування;
- D13.M1 - Зворотний зв'язок від пункту обслуговування щодо визнання скарги;
- D14.M7 - Інформація для клієнта про визнання скарги.

Вказані системні операції упорядковано та здійснено їх виконання в загальному процесі управління відповідно до наступних графічних моделей.

A. Матрична модель

Матрична модель загального процесу управління системою включає три підпроцеси (рис. 1): виконання замовлення, промування і подання скарги замовником (у випадку визнання). Така модель дозволяє здійснити візуалізацію виконання окремих системних операцій у відповідних підрозділах за шкалою часу.

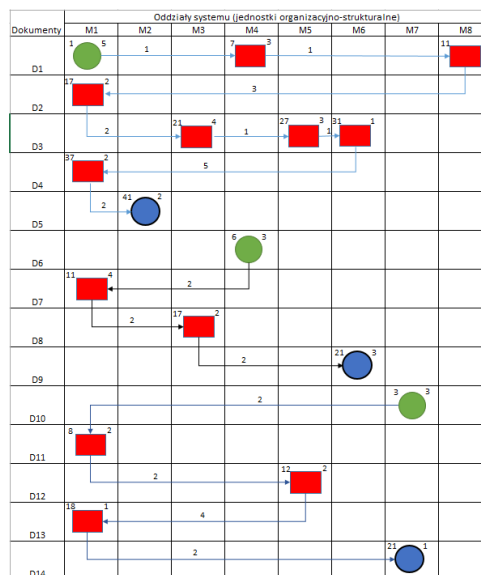


Рис.1. Матрична модель системи управління.

На рис. 1: ● - джерело інформації; ■ - обробка інформації; ● - отримання інформації.

B. Часові таблиці

Часові таблиці вміщують часи операцій початку, формування, обробки і удокументування, а також інфообміну між системними операціями. Вони визначають упорядкування в шкалі часу окремих системних операцій процесу управління.

Табл. I визначає часи початку, творення, обробки і удокументування системних операцій, табл. II визначає часи обміну інформацією при виконанні системних операцій.

C. Модель "мережевий граф"

Така модель (рис. 2) є базовою, яка дозволяє перейти до UML-моделювання і представляє такі основні системні параметри, як часи початку і закінчення системних операцій, а також уклад системи і комунікаційних каналів.

D. Суміщена часова модель

Для оцінки повного обчислювального навантаження інформаційної системи управління застосовується суміщена часова модель (рис. 3). Однак, цей граф не відображає підрозділи, в яких виконуються окремі системні операції.

Таблиця I. ЧАСИ ВИКОНАННЯ СИСТЕМНИХ ОПЕРАЦІЙ

Документи	Час			
	початку	формування	перетворення	удокументування
D1.M1	1	5		
D6.M4	6	3		
D10.M7	3	3		
D1.M4	7		3	
D1.M8	11		3	
D2.M1	17		2	
D3.M3	21		4	
D3.M5	27		3	
D3.M6	31		1	
D4.M1	37		2	
D7.M1	11		4	
D8.M3	17		2	
D11.M1	8		2	
D12.M5	12		2	
D13.M1	18		1	
D5.M2	41			2
D9.M6	21			3
D14.M6	21			1

Таблиця II. ЧАСИ ПЕРЕДАЧІ ДОКУМЕНТІВ У СИСТЕМІ ПРИ ВИКОНАННІ СИСТЕМНИХ ОПЕРАЦІЙ

Документи	Час передачі
D1.M1-D1.M4	1
D1.M4- D1.M8	1
D1.M8 - D2.M1	3
D2.M1 - D3.M3	2
D3.M3 - D3.M5	1
D3.M5 - D3.M6	1
D3.M6 - D4.M1	5
D4.M1 - D5.M2	2
D6.M4 - D7.M1	2
D7.M1 - D8.M3	2
D8.M3 - D9.M6	2
D10.M7 - D11.M1	2
D11.M1 - D12.M5	2
D12.M5 - D13.M1	4
D13.M1 - D14.M7	2

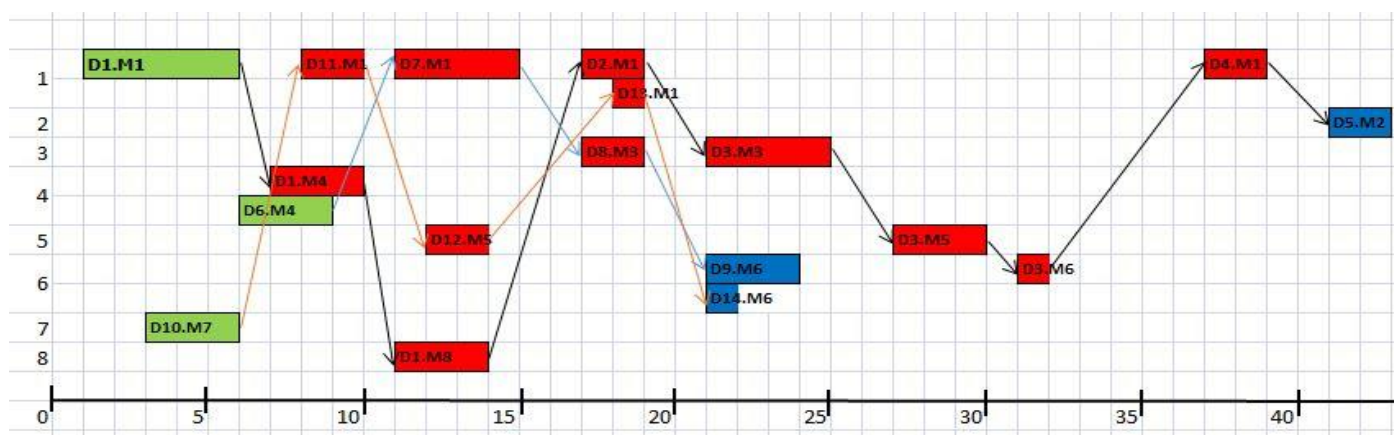


Рис. 2. Модель "мережвий граф" (типу Гантта).



Рис. 3. Суміщена часова модель виконання системних операцій.

Е. Блок-схема алгоритму виконання системних операцій

На основі діаграми суміщеної часової моделі побудовано блок-схему алгоритму програми виконання

системних операцій (рис. 4), яка на основі об'єктно-орієнтованого програмування уможливило швидку імплементацію та впровадження прикладного програмного забезпечення системи управління.

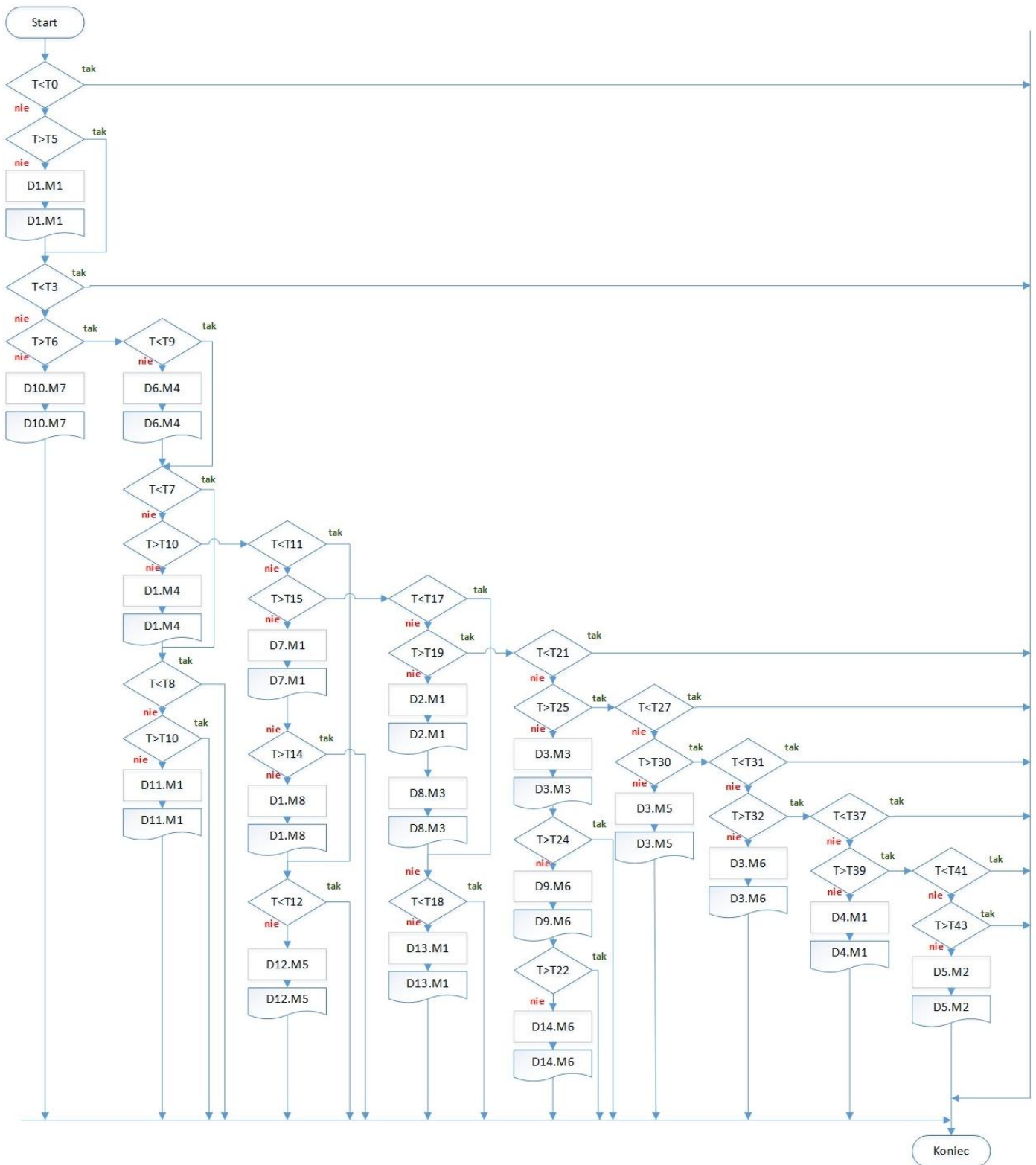


Рис. 4. Блок-схема алгоритму виконання системних операцій.

III. СИМУЛЯЦІЯ ПРОЦЕСІВ МОДЕЛЬОВАНОЇ СИСТЕМИ

Симуляцію процесу здійснено за допомогою онлайн-програми BPSimulator, розташованої за адресою <http://www.bpsimulator.com> [2]. Нижче наведено модель, використану для симуляції (рис. 5), та згенерований симулятором рапорт (рис. 6). Симуляція дозволила оцінити затрати системи і визначити середній час виконання процесу.

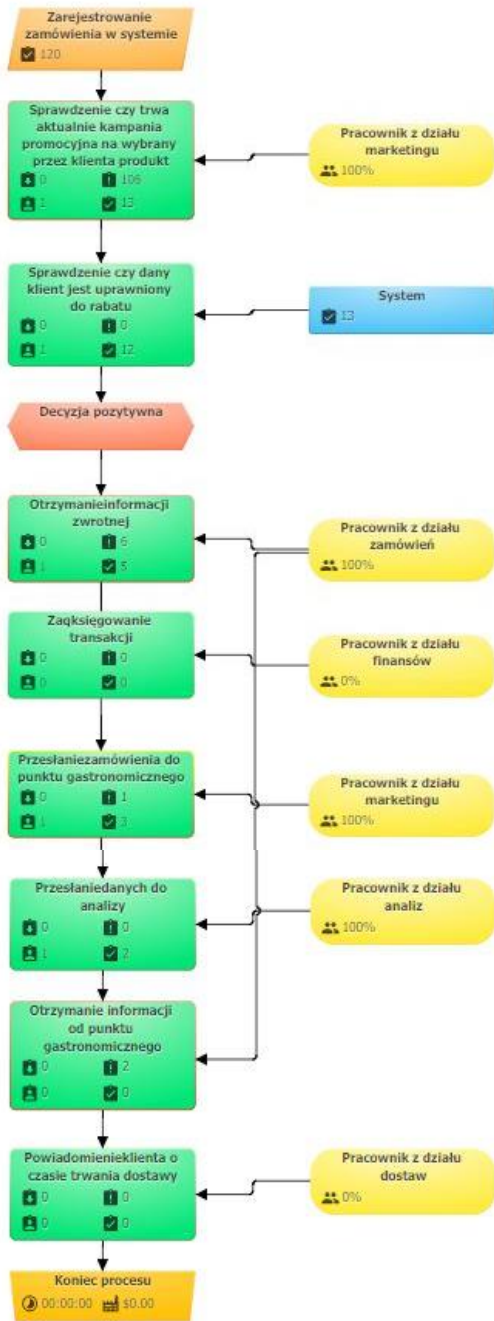


Рис. 5. Модель симуляції функціонування системи управління.

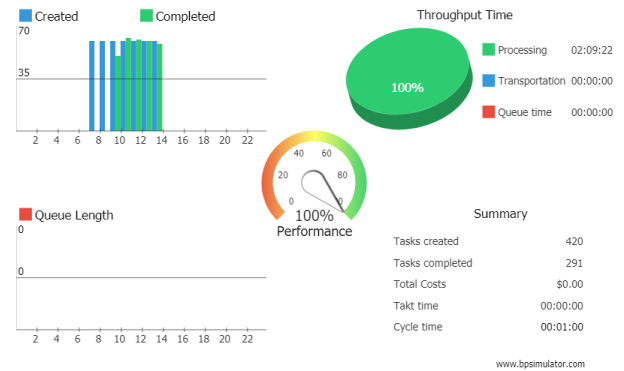


Рис. 6. Рапорт симуляції навантаження на інформаційну систему управління.

IV. ВИСНОВКИ

На основі розроблених методів візуалізації перебігу процесів при функціонуванні складних систем управління в умовах міжсекторової кооперації визначено основи та методи моделювання, що дозволили відобразити перебіг процесів і здійснити управління інформаційною системою в реальному часі. Візуалізація процесів управління дозволила знівелювати психологічний бар'єр і уникнути взаємного непорозуміння між клієнтами та розробниками інформаційних систем, а також знизити затрати на розробку, впровадження і обслуговування розосереджених систем управління.

Досягнуто мету проекту – здійснити моделювання системи обслуговування порталу дистрибуції продукції та дослідити навантаження на систему. Моделювання системи виконано на основі процесів реальних систем управління. Впровадження системи дозволило оптимізувати затрати, покращити якість послуг та автоматизувати процеси доставки продукції, а також поліпшити обмін інформацією між окремими підрозділами та перейти до електронної системи управління. Впровадження змін у систему призвело до підвищення конкурентоспроможності компанії, а функціональність системи була адаптована до ринкових стандартів.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Л.Петришин, В.Цесьлік, В.Глушенко, “Техніка процесного аналізу розподілених систем управління” - L. Petryshyn, W. Cieslik, V. Glushchenko, „ Processes Analysis Technique of Distributed Management Systems” in *Intelligence Systems and Information Technologies: International Scientific and Practical Conference ISIT-2019. August 19-24, 2019, Odessa, Ukraine. Abstracts.* – Odessa: TES, 2019. – P. in press.
- [2] Л.Петришин, Я.Николайчук, Аналитическое моделирование информационных систем автоматизированного управления – Analytical modeling of infosystems of automated management. / Lyubomyr Petryshyn // *Zarządzanie organizacjami w gospodarce rynkowej: X międzynarodowa naukowa konferencja "Zarządzanie przedsiębiorstwem. Teoria i praktyka"*: Kraków, 22-23 listopada 2007 r. / pod red. Wiesława Waszkielewicza; — Kraków: Wydawnictwa AGH, 2007. — ISBN 978-83-7464-153-1 — S. 268–275. — Bibliogr. s. 338, Abstr.
- [3] BP Simulator. [Online]. Доступ: <https://www.bpsimulator.com/run/> 09.07.2019.

Семантичний Рівень Архітектури Цифрового Врядування

Юрій Пігарев

кафедра електронного урядування та інформаційних систем
Одеський регіональний інститут державного управління
Національної академії державного управління при Президентові України
Одеса, Україна
ORCID 0000-0003-3501-8342

Semantic Level of Digital Governance Architecture

Yurij Pigarev

e-government and information systems department
Odessa regional institute of public administration
National academy of public administration under President office
Odessa, Ukraine
ORCID 0000-0003-3501-8342

Анотація—У статті розглядаються питання щодо семантичного рівня архітектури системи цифрового врядування. Деякі проблеми та аспекти цього рівня висвітлюються на прикладі перспективних напрямків розвитку цифрового врядування в Україні, а саме надання адміністративних послуг та відкриті дані. Надаються рекомендації щодо практичного застосування відкритих словників у сфері відкритих даних та електронних публічних послуг.

Abstract—The article deals with semantic level of digital governance architecture issues. Some problems and aspects of this level are revealed on the example of promising directions for the digital governance development in Ukraine, namely the provision of administrative services and open data. Recommendations on practical application of open vocabularies in “Open Data” and “Public services” are provided.

Ключові слова—архітектура системи цифрового врядування, базовий словник, інтероперабельність, цифрове врядування, цифрові трансформації, онтології, відкриті дані, пов'язані дані, пов'язані відкриті дані, публічне адміністрування, публічні послуги, семантичний рівень, словники.

Keywords—architecture of the digital governance system, core vocabulary, interoperability, digital governance, digital transformation, linked data, linked open data, ontologies, open data, public administration, public services, semantic level, vocabularies.

I. ВСТУП

«Концепція розвитку електронного урядування в Україні» [1] та «Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації» [2] окреслили основні перспективні напрямки розвитку електронного урядування (е-урядування), цифрової економіки та суспільства.

Реалізація поставлених завдань потребує значних зусиль та координованих дій у сфері електронної взаємодії усіх учасників цифрового суспільства, дотримувачи єдиних принципів, відкритих стандартів даних та метаданих, міжвідомчого обміну інформацією, інформаційної безпеки, специфікацій, політик, моделей тощо.

Для вирішення вищезазначених завдань Європейський Союз зробив успішні кроки від Європейської стратегії інтероперабельності (European Interoperability Strategy - EIS) [3], Європейської рамки інтероперабельності (European Interoperability Framework - EIF) [4] до Європейської реферативної архітектури інтероперабельності (European Interoperability Reference Architecture - EIRA) [5].

Європейська реферативна архітектура інтероперабельності побудована на базі Європейської рамки інтероперабельності та підтримує чотири рівня (шари):

- правовий шар моделює найбільш характерні засоби забезпечення розробки державної політики у сфері е-урядування та інструменти її здійснення, які повинні бути розглянуті з метою підтримки правової сумісності в циклі публічного управління;
- організаційний шар моделює найбільш характерні блоки, які повинні бути розглянуті з метою підтримки організаційної сумісності між постачальниками і користувачами публічних послуг;
- семантичний шар моделює найбільш характерні блоки, які повинні бути розглянуті з метою

підтримки семантичної сумісності інформаційних суб'єктів системи;

- технічний шар (прикладний рівень) моделює характерні політико-специфічні будівельні блоки додатків, які необхідно враховувати з метою надання підтримки технічної сумісності при побудові інтероперабельних інформаційних систем.

Європейська програма ISA² (Interoperability Solutions for European Public Administrations) [6], як програма Європейської комісії, забезпечує розв'язання проблем щодо єдиної моделі подання та обробки даних, міжвідомчої взаємодії, моделі бізнес-процесів та надає змогу краще розуміти правові, технічні, технологічні, інформаційні, організаційні, економічні, управлінські та інші аспекти е-урядування. Програма ISA² підтримує розроблення цифрових рішень за принципом повторного використання, що дозволяє публічним інституціям надавати бізнесу та громадянам якісні електронні послуги завдяки використанню єдиних принципів, стандартів та сумісних систем.

Державне агентство з питань електронного урядування України та Генеральний директорат з питань інформаційного суспільства Європейської комісії підписали Адміністративну угоду щодо співробітництва у сфері розвитку е-урядування і таким чином Україна долучається до програми ISA². Імплементация найкращих практик ЄС в Україні має позитивно вплинути на рівень національної інтероперабельності та забезпечити високу якість електронних публічних послуг та гарантувати простіший обмін між національними електронними реєстрами, в тому числі – з країнами ЄС. Цей процес відповідає умовам для майбутнього вступу України до ЄС. Починаючи з 2019 року рівень національної інтероперабельності буде оцінений відповідно до методології NIFO (National Interoperability Framework Observatory).

Нова версія Європейської рамки інтероперабельності EIF (2), як набір керівних принципів для розвитку публічних послуг, підтримує рівні сумісності, які охоплюють правову, організаційну, семантичну та технічну інтероперабельність. Розглянемо більш детально семантичну сумісність (інтероперабельність).

До пріоритетних напрямків розвитку е-урядування в Україні відносяться відкриті дані та надання публічних послуг, тому розглянемо проблематику семантичної сумісності вищезазначених напрямків [7].

II. СЕМАНТИЧНА СУМІСНІСТЬ ПУБЛІЧНИХ ПОСЛУГ

Семантична сумісність повинна гарантувати принцип «що надається або надсилається – те й розуміється». Семантична сумісність охоплює як семантичні, так і синтаксичні аспекти. Семантичний аспект відноситься до значення елементів даних і взаємозв'язку між ними та стосується використання словників. Семантичний аспект гарантує розуміння елементів даних однаково. Синтаксичний аспект відноситься до точного опису даних з точки зору граматики, формату, схем тощо. Для поліпшення семантичної сумісності рекомендація № 30 європейської рамки інтероперабельності (EIF) наголошує

на сприйняті даних та інформації як державного активу, який слід належним чином генерувати, збирати, управляти, розділяти, захищати та зберігати [4].

З метою підтримки складових семантичного рівня інтероперабельності EIRA за ініціативою Європейської Комісії та покращення семантичної сумісності електронної взаємодії органів публічного управління було створено спільноту семантичної сумісності SEMIC (Semantic interoperability Community) [8].

Діяльність SEMIC сфокусована на розробці та просуванні базових словників сфери публічних послуг, які складають ядро моделі даних EIRA. SEMIC підтримує ідею створення відкритих державних метаданих з метою вирівнювання метаданих на національному та загальноєвропейському рівнях.

Архітектура EIRA фокусується на представленні даних, політики даних та специфікацій сумісності. Представлення даних пов'язано з грамакою та форматами збереження даних. Політика даних, як сукупність норм і правил для забезпечення представлення, збереження, обробки, систематизації, обміну, передачі даних тощо, фокусується на політиці основних даних (реферативні та метадані (<https://dama.org>), а в разі відкритих даних політики відкритих даних на базі імплементации Хартії відкритих даних G8 [9] та Міжнародної хартії відкритих даних [10]. Специфікації семантичної інтероперабельності описують схеми кодування символів, синтаксису, ідентифікації, відображення рівня даних та рівня схем, модель даних тощо.

Зупинимося на синтаксичному аспекті семантичної інтероперабельності. Ядро моделі даних EIRA розробляється спільнотою семантичної сумісності SEMIC.

Базовий словник (Core Vocabulary) являє собою відкриту модель даних для повторного використання, яка фіксує фундаментальні характеристики сутності у контекстно-нейтральній формі. Відкрита модель базового словника надає властивість розширення.

Базові словники можуть бути використані при розробці нових інформаційних систем в якості початкової точки для розробки концептуальних і логічних моделей даних, обміні інформацією, як основа конкретної моделі даних, інтеграції даних та відкритої публікації даних, в якості основи спільного формату експорту даних у базові реєстри, кадастри, реєстри тощо.

На даний час розроблено шість базових словників, а саме: “Базовий словник фізичних осіб – CPV (Core Person Vocabulary)”, “Базовий словник місць розташування – CLV”, “Базовий словник для бізнесу – CBV (Core Business Vocabulary)”, “Базовий словник публічної послуги – CPSV (Core Public Service Vocabulary)”, “Базовий словник публічних організації – CPOV (Core Public Organisation vocabulary)” та “Словник базових критеріїв та базових доказів – (Core Criterion and Core Evidence Vocabulary)” [11].

Планується включення вищезазначених базових словників до національних стандартів України в якості горизонтальних стандартів даних для сприяння інтероперабельності.

Крім базових словників, до ядра моделі даних семантичного рівня інтероперабельності EIRA входять так звані контекстно-орієнтовні словники. До такої групи словників можна віднести словник каталогу даних (профіль додатків) (DCAT-AP - Data Catalogue vocabulary Application Profile) з розширеннями GeoDCAT-AP та StatDCAT-AP [12], а також схеми метаданих опису активів (ADMS - Asset Description Metadata Schema) [13].

III. СЕМАНТИЧНА СУМІСНІСТЬ ВІДКРИТИХ ДАНИХ

За основу семантичної сумісності у сфері відкритих даних можна взяти відповідний рівень європейської реферативної архітектури інтероперабельності (EIRA), яка розроблена в контексті програми 2016.32 «Сумісність рішень для європейських публічних адміністрацій» (ISA²) та узгоджується з EIF і відповідає рівням сумісності в EIF [5].

Безумовно, сфера відкритих даних висуває свої вимоги до семантичної сумісності, тому що поле охопту даних сфери відкритих даних більш ширше та різноманітніше, чим сфера надання публічних послуг, на яку орієнтована рамка EIF на базі якої розроблена архітектура EIRA. Ці зміни будуть в першу чергу стосуватися поля специфікацій семантичної інтероперабельності за рахунок розширення як блоку синтаксису даних (більше схем кодування синтаксису даних у сфері відкритих даних), так і ядра моделі даних [14].

До складу ядра моделі даних сфери відкритих даних повинні входити відповідні словники та специфікації, наведені у розділі «Стандарти» Консорціуму Всесвітньої павутини [15] та на сайті словників пов'язаних даних (LOV - Linked Open Vocabularies) [16].

Експерти проекту «Прозорість та підзвітність у державному управлінні та послугах» (TAPAS) (tapas.org.ua) компоненти «Відкриті дані» та члени Національної мережі тренерів з відкритих даних розробляють стандартизовані моделі наборів даних з метою забезпечення інтероперабельності українських наборів відкритих даних тим паче, що з вересня 2018 року відкриті дані єдиного державного веб-порталу відкритих даних України (<https://data.gov.ua>) автоматично оприлюднюються на Європейському порталі відкритих даних. Європейський портал відкритих даних охоплює набори даних 35 країн та 78 місцевих та національних порталів (<https://www.europeandataportal.eu/>). З метою запровадження єдиних підходів до оприлюднення наборів даних, що відповідає прагненню підтримки семантичної інтероперабельності на ринку наборів відкритих даних України, розроблено рекомендації щодо публікації 14 наборів даних із розділу «Усі розпорядники інформації» [17] «Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних» [18]. При розробці шаблонів метаданих наборів відкритих даних використовувалися наступні словники та моделі: ISA² Core Public Organisation (CPOV), Business Core (BCV), Location Core (LCV) and Person Core Vocabularies (PCV), W3C The Organization Ontology (Онтологія організації консорціуму W3C) [19], Dublin Core Metadata Initiative (Ініціатива Дублінського ядра метаданих) [20],

Data Catalog Vocabulary (DCAT), Open Contracting Data Standard (OCDS - Відкритий стандарт даних контракту) [21], GTFS Realtime та GTFS Static Transit [22], Schema.org [23], CoST (Construction Sector Transparency Initiative - Ініціатива прозорості будівельного сектору) Infrastructure Data Standard (Стандарт даних інфраструктури) [24] тощо. На базі вищезазначених рекомендацій для підвищення якості наборів відкритих даних розробляються форматори, які містять шаблони таблиць відповідних документів у форматах Google-table або Microsoft Excel та опис структури документів (метадані) у форматі CSV [25]. Для автоматизації процесу створення наборів даних розроблено онлайн-сервіс для формування стандартизованих наборів відкритих даних (публікатор наборів даних) [26]. Як приклад якісного опису моделей різних сутностей з використанням відкритих словників можна запропонувати схеми даних аналітичного інструменту «Суд на долоні» (розділ документація до API проекту «Суд на долоні»/Стандарт даних) (<http://court-onthe-palm.com.ua/api/html/data-model.html>).

IV. ПОВ'ЯЗАНІ ВІДКРИТІ ДАНІ

У реальному житті процеси та явища пов'язані між собою. Це стосується і даних. У сфері пов'язаних даних (LD - Linked Data) [27] для однозначної ідентифікації імен об'єктів використовується механізм уніфікованих ідентифікаторів ресурсів (URI) зі стандартними HTTP URL (визначає, що існує у веб-просторі)-адресами цих URI (визначає у веб-просторі, що існує у реальному просторі), а самі дані представлені у RDF – форматі. RDF (Resource Description Framework – рамка (моделі, мови та синтаксис) опису ресурсу) являє собою графічну модель, яка пов'язує описи (атрибути, особливості, зв'язки тощо) ресурсів (сторінки, документи, ідеї або все, що має URI).

Пов'язані дані призначені не стільки для розуміння їх людиною, скільки для подальшої машинної обробки. Пов'язані дані дозволяють здійснити інтеграцію даних, які представлені у різних форматах і які можуть бути як структурованими, так і неструктурованими. Але у випадку неструктурованих даних, з початку треба задіяти механізми витягу сутностей та провести аналіз текстів з метою виявлення інформаційних об'єктів.

На практиці, більшість даних, які підлягають оприлюдненню у форматі відкритих даних зберігаються в реляційних базах даних інформаційних систем, тому дуже актуальним стає питання ефективного управління відкритими даними у форматі пов'язаних даних. Пов'язані відкриті дані (LOD - Linked Open Data) відображають пов'язані набори даних у RDF – форматі з притаманними для відкритих даних властивостями (повторне використання та без будь-яких обмежень). Цей напрямок активно відпрацьовується країнами ЄС [28].

На превеликий жаль, розвиток семантичного рівня архітектури відкритих даних в Україні поки не дозволяє підняти даний напрямок до сучасного стану.

В якості прикладу практичної реалізації моделі пов'язаних відкритих даних можна взяти модель даних

для оприлюднення набору «Перелік діючих регуляторних актів» [29].

Сфера пов'язаних відкритих даних до вищезазначеного переліку словників та моделей даних додає такі словники: FOAF (Friend of a Friend – Друг друга) Vocabulary [30], SKOS (Simple Knowledge Organisation System - Проста система організації знань) Core Vocabulary [31] та RDF Schema (схема RDF) [32].

V. ВИСНОВКИ

Використання єдиних принципів оприлюднення наборів даних у форматі відкритих даних на основі відкритих специфікацій та словників є базовою цеглиною фундаменту семантичної інтероперабельності у сфері відкритих даних, сприятиме підвищенню якості відкритих даних, впровадженню інновацій з використанням відкритих даних та зрештою зростанню обсягу ринку відкритих даних та кількості працівників на ринку відкритих даних за сценарію значного прогресу [33].

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Про схвалення Концепції розвитку електронного урядування в Україні: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 вересня 2017 р. № 649-р [Електронний ресурс] – Режим доступу URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/797-2017-%D1%80>. [2] Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 січня 2018 р. № 67-р [Електронний ресурс] – Режим доступу URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80>.
- [2] European Interoperability Strategy (EIS) [Electronic resource]. – Access mode URL: https://ec.europa.eu/isa2/library/european-interoperabilitystrategy-eis_en - Title from screen.
- [3] The New European Interoperability Framework [Electronic resource]. – Access mode: https://ec.europa.eu/isa2/eif_en - Title from screen.
- [4] The European Interoperability Reference Architecture v.3.0.0 [Electronic resource]. – Access mode URL: <https://joinup.ec.europa.eu/release/eira/v300> - Title from screen.
- [5] Interoperability Solutions for European Public Administrations [Electronic resource]. – Access mode URL: https://ec.europa.eu/isa2/home_en - Title from screen. [7] Презентація публічного звіту голови Державного агентства з питань електронного урядування України за 2018 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: <https://www.e.gov.ua/ua/news/publicnij-zvit-golovi-agentstvaoleksandra-rizhenka> - Назва з екрана.
- [7] Semic Interoperability Community (SEMIC) [Electronic resource]. – Access mode: <https://opendatacharter.net/g8-open-data-charter/> - Title from screen.
- [8] G8 Open Data Charter [Electronic resource]. – Access mode URL: https://ec.europa.eu/isa2/home_en - Title from screen.
- [9] Open Data Charter [Electronic resource]. – Access mode URL: <https://opendatacharter.net/> - Title from screen.
- [10] Semantic Interoperability Community (SEMIC). Core Vocabularies Framework [Electronic resource]. – Access mode URL: <https://joinup.ec.europa.eu/collection/semantic-interoperabilitycommunity-semic/core-vocabularies-> Title from screen.
- [12] DCAT Application Profile for data portals in Europe [Electronic resource]. – Access mode URL: <https://joinup.ec.europa.eu/solution/dcat-application-profile-data-portalseurope> - Title from screen.
- [14] Asset Description Metadata Schema (ADMS) [Electronic resource]. – Access mode URL: https://ec.europa.eu/isa2/solutions/asset-descriptionmetadata-schema-adms_en - Title from screen. [14]
- Пігарев Ю.Б. Семантична інтероперабельність відкритих даних: європейський та український досвід: Сучасний рух науки: тези доп. VI міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 4-5 квітня 2019 р. - Дніпро, 2019. с. 901 – 906.
- [15] All standards and drafts [Electronic resource]. – Access mode URL: <https://www.w3.org/TR/?tag=data> - Title from screen.
- [16] Linked Open Vocabularies (LOV) [Electronic resource]. – Access mode URL <https://lov.linkeddata.es/dataset/lov/> - Title from screen.
- [17] Рекомендації для оприлюднення наборів відкритих даних - [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: <https://data.gov.ua/pages/835-rec-index> - Назва з екрана. [18] Про затвердження Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних (зі змінами): Постанова Кабінету Міністрів України від 25 жовтня 2015 року № 835
- [18] [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/835-2015-%D0%BF/> - Назва з екрана.
- [19] The Organization Ontology [Electronic resource]. – Access mode URL: <https://www.w3.org/TR/vocab-org/> - Title from screen.
- [20] Dublin Core Metadata Initiative [Electronic resource]. – Access mode URL: <http://dublincore.org> - Title from screen.
- [21] Open Contracting Data Standard: Documentation [Electronic resource]. – Access mode URL <http://standard.open-contracting.org/latest/en/> - Title from screen.
- [22] Google Transit APIs [Electronic resource]. – Access mode URL <https://developers.google.com/transit/> - Title from screen.
- [23] Organization of Schemas [Electronic resource]. – Access mode URL <https://schema.org/docs/schemas.html> - Title from screen.
- [24] Про COST [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/835-2015-%D0%BF/> - Назва з екрана.
- [25] Форматори [Electronic resource]. – Access mode URL: <https://github.com/Alexander-Lukyanov/table-templates> - Title from screen.
- [26] Онлайн-сервіс формування стандартизованих наборів відкритих даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: <https://opendata.in.ua/publisher> - Назва з екрана.
- [27] Linked Data [Electronic resource]. – Access mode URL <https://www.w3.org/standards/semanticweb/data> - Title from screen.
- [28] [28] Клімушин П.С., Спасібов Д.В. Інноваційні сервіси відкритих даних для забезпечення ефективного функціонування е-уряду. Актуальні проблеми державного управління 2017. № 1 (51). С. 1–8. URL: <http://www.kbuapa.kharkov.ua/e-book/apdu/2017-1/doc/1/02.pdf>
- [29] Відкриті дані про регуляторну політику [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: https://rods.readthedocs.io/uk_UA/latest/intro.html - Назва з екрана.
- [30] FOAF Vocabulary Specification 0.99 [Electronic resource]. – Access mode URL <http://xmlns.com/foaf/spec/> - Title from screen.
- [31] SKOS Core Vocabulary Specification [Electronic resource]. – Access mode URL <https://www.w3.org/TR/swbp-skos-core-spec/> - Title from screen.
- [32] RDF Schema 1.1 [Electronic resource]. – Access mode URL <https://www.w3.org/TR/rdf-schema/> - Title from screen.
- [33] Економічний потенціал відкритих даних в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: <http://tapas.org.ua/media/economicpotential-of-open-data-for-ukraine/> - Назва з екрана.

Інформаційна Технологія Аналізу і Математичного Моделювання Наливних Вантажів, що Перевозяться Залізницею

Сергій Положаєнко

Завдувач кафедри комп'ютеризованих систем управління
Одеський національний політехнічний університет
Одеса, Україна
sanp277@gmail.com

Олег Рутковський

аспірант, кафедра комп'ютеризованих систем управління
Одеський національний політехнічний університет
Одеса, Україна,
rudkovov@gmail.com

Information Technology for Analysis and Mathematical Modeling of Bulk Cargoes Transported by Rail

Sergiy Polozhaenko

Head of computerized control systems Department
Odessa National Polytechnic University
Odessa, Ukraine
sanp277@gmail.com

Oleg Rydkovskiy

Graduate student, Dep. of computerized control systems
Odessa National Polytechnic University
Odessa, Ukraine
rudkovov@gmail.com

Анотація—Розроблено інформаційну технологію та математичну модель наливних вантажів (наприклад, сирої нафти), що перевозяться в вагонах-цистернах, а також виконано узагальнення цих моделей задля типізації та уніфікації математичного опису. Така типізація дозволяє здійснити формалізацію та уніфікацію методів і засобів математичного моделювання і здійснити машинну реалізацію зазначених методів на єдиній уніфікованій основі.

Abstract—Information technology and mathematical model of bulk cargoes (for example, crude oil) transported in tank cars are developed, and generalization of these models is carried out in order to typify and unify the mathematical description. Such typing allows formalization and unification of methods and tools of mathematical modeling and realization of the mentioned methods on a single unified basis.

Ключові слова—Інформаційна технологія, математична модель, засоби та методи математичного моделювання.

Keywords—Information technology, mathematical model, means and methods of mathematical modeling.

I. ВСТУП

Розв'язок задачі математичного моделювання, насамперед і в значній мірі, визначається обраною

математичною моделлю (ММ) об'єкту (або процесу). Адекватно обрана ММ забезпечує *достовірність* результатів математичного моделювання. Крім того, на результати математичного моделювання (зокрема, його *точність*) впливають чисельні методи, якими реалізується обрана ММ об'єкту (процесу). Тому розробка ММ, що задовольняють вказаним критеріям, дозволяють підвищити ефективність технологічних процесів (в тому числі і на транспорті).

II. МЕТА РОБОТИ

Мета роботи полягає у розробці інформаційної технології аналізу і математичного моделювання наливних вантажів, що перевозяться залізницею, зокрема, складання ММ наливних вантажів (та відповідних транспортних засобів), що дозволяє, у подальшому, формалізувати та уніфікувати числові методи та інструментальні засоби математичного моделювання стану цих вантажів в процесі їх транспортування залізницею.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

У відповідності до транспортних технологій, при перевезенні наливних вантажів, наприклад,

нафтопродуктів (сирої нафти та продуктів її переробки, зокрема, світлих нафтопродуктів, мастил, гудронів тощо), рідких мінеральних добрив, краплених газів та інших вантажів, що перебувають у рідкій фазі, застосовуються спеціалізовані вагони — цистерни, обладнані у відповідності до особливостей вантажів, які перевозяться. Враховуючи ці особливості, насамперед фізико-хімічні явища, якими характеризуються вантажі, що перевозяться у вагонах-цистернах [1], останні можна класифікувати наступним чином:

- цистерни з *поверхневим* теплообміном, в яких теплообмін здійснюється на поверхні розділу окремих рідин (фаз), які транспортуються. До цього класу цистерн відносяться, зокрема такі, які виконано за схемами з одинарною оболонкою у вигляді утилізаційних теплообмінників;

- цистерни *об'ємного* теплообміну, в яких теплообмін здійснюється в межах всього об'єму рідин, що перевозяться. До цього класу цистерн відносяться, зокрема цистерни-термоси або цистерни, виконані у вигляді судин Дюара (з подвійною оболонкою);

- цистерни *розосередженого* теплообміну, в яких теплообмін одночасно відбувається на декількох окремих поверхнях. До цього класу цистерн відносяться, зокрема цистерни, що мають внутрішні конструктивні елементи (наприклад, перегородки, які запобігають хвилеутворенню рідин всередині цистерни під час руху; дво- або багато об'ємні цистерни, що використовуються для транспортування декількох окремих рідин, тощо).

Для кожного з наведених вище класів технологічних вагонів-цистерн (наприклад, задіяних у перевезенні сирої нафти та продуктів її переробки) розроблено ММ у вигляді рівнянь у часткових похідних (параболічних та гіперболічних) з відповідними початковими та граничними умовами. Аналізуючи ММ розглянутих цистерн-вагонів, для процесу транспортування наливних вантажів було визначено можливість *узагальненого математичного опису*, що у подальшому дало можливість уніфікувати на умовах *типізації* підходи до їх чисельної та обчислювальної реалізації. При цьому узагальнену ММ було отримано у наступному вигляді:

$$\frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial t} = f \left[\bar{\Phi}_i(r_j, z, t), \frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial z}, \frac{\partial^2 \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial r_j^2}, \frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial r_j}, \bar{U}_g(r_j, z, t) \right] + D_i(\bar{\Phi}_i, r_j, z, t) \quad (1)$$

$$\forall i = 1, \dots, k; \forall j = 1, \dots, N; \forall (r_j, z) \in \Omega; \forall t \in (0, t_k), \bar{\Phi} = [\bar{\Phi}_1, \bar{\Phi}_2, \dots, \bar{\Phi}_k]^T, \bar{\Phi}_i(r_j, z, 0) = \bar{\Phi}_{i_0}(r_j, z), \forall i = 1, \dots, k; \forall j = 1, \dots, N; \forall (r_j, z) \in \Omega \quad (2)$$

та граничних умов першого та третього роду, відповідно:

$$\bar{\Phi}_i(r_j, z, t) \Big|_{\substack{r_i=0 \\ r_i=r_{i \max} \\ z=0 \\ z=z_{\max}}} = \varphi_i[P_i(r_j, z, t)], \frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial r_i} \Big|_{\substack{r_i=0 \\ r_i=r_{i \max}}} = \lambda_i [\bar{\Phi}(r_j, z, t), P_i(r_j, z, t)], \quad (3)$$

де $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$ — безперервні функції стану, що залежать від часової $t \in (0, t_k)$ та просторових $\forall (r_j, z) \in \Omega$ координат; функції стану $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$ визначаються розв'язком системи (1) — (3), що (за визначенням) існує і є єдиним; $\bar{U}_g(r_j, z, t), g = 1, \dots, k^*$ — функції розподіленого управління, що належать гільбертовому простору \bar{U}_{g_d} на R^{M_k} . Змінні стану $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$ та управління $\bar{U}_g(r_j, z, t)$ визначено у відкритих гільбертових просторах із границями відповідно $\Omega_{\Phi_i}, \Omega_{U_g}, \forall i = 1, \dots, k; \forall g = 1, \dots, k^*$. Функції $f_i[\cdot]$ та $y_i[\cdot]$ — безперервні лінійні або нелінійні функції; $D_i(\bar{\Phi}_i, r_j, z, t) = D_i\{r_i, z, t, \Phi_1(r_j, z, t), \dots,$

$\Phi_k(r_j, z, t)\}$ — лінійні або нелінійні функції, що характеризують дію зовнішніх збуджуючих впливів; $P_i(r_j, z, t), \forall i = 1, \dots, k; \forall j = 1, \dots, N; \forall (r_j, z) \in \Omega$ — задані функції на границі $\partial\Omega$ області, які можуть виступати в якості граничних управляючих впливів; $\lambda_i, \forall i = 1, \dots, k$ — параметр, який характеризує енергетичні властивості елементів об'єкта (технологічного апарата); N — число поверхонь теплообміну (зокрема, внутрішньо об'ємних перегородок). Змінні стану $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$ та управління $\bar{U}_g(r_j, z, t)$ можуть визначати різні фізичні (температуру, тиск), або геометричні (рівень) величини, а також відхилення цих величин від стаціонарних значень; параметри λ_i визначають відповідно: коефіцієнт теплопровідності, коефіцієнт теплопередачі, тощо. Для узагальненої ММ вигляду (1) — (3) розроблено чисельні схеми реалізації на основі схем з «вагами», ВІДОМИХ в літературі як економічні схеми Кранка-Ніколсона [2, 3] та інструментальні засоби машинної реалізації, виконані шляхом модифікації

ToolBox платформи Matlab, що і визначило суть створеної інформаційної технології.

IV. ВИСНОВКИ

Запропоновано та реалізовано ММ наливних вантажів, що перевозяться залізницею (у вагонах-цистернах). Узагальнення та уніфікація цих ММ дозволило, при ОБЧИСЛЮВАЛЬНІЙ реалізації на основі створеної інформаційної технології, використовувати єдиний інструментарій у вигляді пакета прикладних модулів, що, у підсумку, дало зниження обчислювальних затрат на (25 — 40) % (в залежності від конкретного технологічного засобу-вагону) у порівнянні з реалізацією за стандартними процедурами із використанням ToolBox платформи Matlab.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Верлань А. Ф. Математическое моделирование аномальных диффузионных процессов / А. Ф. Верлань, С. А. Положаенко, Н. Г. Сербов. — К.: Наукова думка, 2011. — 416 с.
- [2] Мацевитый Ю. М. Моделирование нелинейных процессов в распределенных системах / Ю. М. Мацевитый, В. Е. Прокофьев. — К.: Наукова думка, 1985. — 302 с.
- [3] Самарский А. А. Теория разностных схем. — М.: Наука, 1983. — 616 с.

Методика Тестування Псевдовипадкових Послідовностей з Використанням Багатовимірної Статистики

Світлана Поперешняк
Факультет інформаційних технологій,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Київ, Україна
email: spopereshnyak@gmail.com

Technique of the Testing of Pseudorandom Sequences using Multidimensional Statistics

Svitlana Poperehniak
Faculty of Information Technology,
Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Kyiv, Ukraine
email: spopereshnyak@gmail.com

Анотація—Стаття присвячена систематизації основних наукових положень про статистичному тестуванні послідовностей, широко використовуваних в криптографічних системах захисту інформації для вироблення ключовий і допоміжної інформації (випадкові числа, вектори ініціалізації та ін.). Дано короткий огляд відомих підходів до тестування послідовностей на випадковість, а також статистичних тестів, розроблених в останні десятиліття. Розглядається перспективний напрямок досліджень – статистичне тестування послідовностей з використанням багатовимірних статистик. В роботі наведені формули і сформульована теорема для перевірки послідовності на випадковість за допомогою двовимірних статистик, які можуть використовуватися для коротких і середніх послідовностей.

Abstract—an article dedicated to systematization of scientific positions about the static testing of sequences, widely used in cryptographic systems of information protection for the production of key and additional information (random numbers, vectors of initialization etc.). A short overview of famous methods of testing sequences for randomness, and also static tests, developed in the recent decade is given. Perspective direction of research – static testing of sequences using n-dimensional statistics is considered. In the work, formulas are given and theorem for testing sequences for randomness, using two-dimensional statistics that can be used for small and medium-sized sequences is formulated.

Ключові слова—алгоритми, випадкова послідовність, багатовимірні статистики, криптографія, псевдовипадкова послідовність, статистичне тестування.

Keywords—algorithms, random sequence, n-dimensional statistics, cryptography, pseudorandom sequence, statistical testing.

I. ВСТУП

Сучасні інформаційні системи вимагають особливого підходу до передачі електронних документів по відкритих каналах зв'язку, що забезпечується з використанням систем безпеки. Ефективна система безпеки інформації повинна забезпечувати:

- таємність інформації або важливої її частини;
- автентичність суб'єктів і об'єктів інформаційної взаємодії;
- захист від несанкціонованого доступу;
- захист прав власників інформації;
- оперативний контроль процесів управління, обробки та передачі інформації.

Всі перераховані пункти, яким повинна задовольняти ефективна система безпеки інформації, вирішуються з використанням генератора псевдовипадкових послідовностей. Такі генератори є детермінованими алгоритмами і застосовують в якості вхідних даних початкове значення, а на виході породжують послідовність значень, яка дуже схожі на випадкову. [1]

Відомо, що в світі не існує будь-якого єдиного «офіційного» набору критеріїв, який би оцінював, наскільки представлені випадкові числа можна використати саме для даної області криптографії. Якщо послідовність випадкових чисел передбачувана, то навіть найстійкіший алгоритм шифрування, в якому дана

послідовність буде використовуватися, виявляється, вразливий.

Існують різні підходи до формального визначення терміна «випадковість», засновані на поняттях обчислюваності і алгоритмічної складності [2].

II. ТЕСТУВАННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ВИПАДКОВИХ І ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ

Псевдовипадкова послідовність (ПВП) - послідовність чисел, яка була обчислена по деякому певному арифметичному правилу, але має всі властивості випадкової послідовності чисел в рамках розв'язуваної задачі [3].

Тестування генераторів випадкових та псевдовипадкових чисел (ГВЧ і ГПВЧ), які використовуються в криптографічних застосунках, є актуальним завданням як у практичному, так і в теоретичному плані. Незважаючи на значні напрацювання в цій галузі, розробники все ж таки потребують зручного інструментарію, здатному надати прийнятну метрику, яка дозволить досить ясно досліджувати ступінь випадковості послідовностей, що породжуються ГВЧ (ГПВЧ), крім того, забезпечити розробників достатнім обсягом інформації для прийняття рішення щодо випадковості послідовності.

На сьогоднішній момент розроблено досить велику кількість різних типів ГВЧ (ГПВЧ). Однак для демонстрації їх статистичних властивостей використовувалися різні підходи до статистичного тестування. Найчастіше набір і методику тестування пропонував сам розробник генератора. Таким чином, склалася ситуація, яка характеризується тим, що неможливо об'єктивно порівняти різні генератори з єдиних позицій. Виходом з цього положення є використання деякого стандартного набору статистичних тестів, об'єднаних єдиною методикою розрахунку необхідних показників ефективності ГПВЧ і прийняття рішення про випадковість сформованих послідовностей. Різноманіття критеріїв оцінки псевдовипадкових послідовностей, що використовуються при шифруванні, надзвичайно велике. [4].

III. ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ СТАТИСТИЧНОГО ТЕСТУВАННЯ ПВП

Для виявлення закономірностей аналізованих ПВП (або до їх відрізків різної довжини) застосовують широкий спектр різних статистичних тестів, розроблених в останні десятиліття. Наведемо відомі набори статистичних тестів:

- 11 тестів: Donald Knuth (Stanford University), The Art Of Computer Programming Vol. 2 Seminumerical Algorithms;
- 15 тестів: Andrew Rukhin, et. al. (NIST ITL), NIST Statistical Test Suite;
- 12 тестів: George Marsaglia (Florida State University), DIEHARD;

- 11 тестів: Pierre L'Ecuyer, Richard Simard (Departement d'Informatique et de Recherche Operationnelle Universite de Montreal), TestU01;
- 5 тестів: Helen Gustafson, et. al. (Queensland University of Technology), Crypt-XS.

Існують також інші описання та реалізації статистичних тестів, які багато в чому повторюють тести з представлених вище наборів:

- Alfred Menezes тощо, Handbook of Applied Cryptography;
- Peter Hellekalek (University of Salzburg), The pLab Project;
- John Walker (Autodesk, Inc.), ENT;
- Robert G. Brown (Duke University), Dieharder;
- George Marsaglia (Florida State University), Wai Wan Tsang (The University of Hong Kong), «Distilled» version of Diehard.

Незважаючи на чималу кількість існуючих реалізацій статистичних тестів ПВП, даний напрямок постійно розвивається, і в даний час активно з'являються нові проекти, які пропонують нові реалізації розглянутих тестів. Розглянуті набори статистичних тестів ПВП становлять зручний і гнучкий інструмент дослідження генераторів ПВП, що застосовуються в криптографічних додатках. Пакет NIST STS має більшу гнучкість, розширюваність і ефективність (з точки зору витрат часу на здійснення тестування) і є найбільш повним з наявних пакетів для статистичного тестування двійкових послідовностей. На практиці прийняття або відхилення нульової гіпотези ґрунтується на результатах застосування декількох незалежних тестів. Коли незалежні тести призводять до різних висновків, використовується комбінування результатів тестів за допомогою статистик, які враховують сукупність результатів всіх використаних тестів. У таблиці 1 дані деякі тести для тестування ПВП різних довжин. [5]

ТАБЛИЦЯ 1. СТАТИСТИЧНІ ТЕСИ ДЛЯ ПВП РІЗНИХ ДОВЖИН

№	Пакети статистичних тестів	Тестування ПВП довжини до 300 біт	Тестування ПВП довжини порядку 10 ⁶ біт
1.	Тесты Д. Кнута	-	<ul style="list-style-type: none"> • Frequency criterion • Series criterion • max-t criterion • Criterion of monotony
2.	NIST STS	<ul style="list-style-type: none"> • Frequency Test • Frequency Test within a Block • Runs Test • Non-overlapping Template Matching Test • Serial Test • Binary Matrix Rank Test • Approximate 	<ul style="list-style-type: none"> • Frequency Test within a Block • Runs Test • Overlapping Template Matching Test • Serial Test • Linear Complexity Test • Discrete Fourier Transform Test • Maurer Universal Test • Binary Matrix Rank

		Entropy Test • Cumulative Sums (Cusum) Test • Test for the Longest Run of Ones in a Block	Test • Approximate Entropy Test • Random Excursions Test • Random Excursions Variant Test • Test for the Longest Run of Ones in a Block
3.	DIEHARD	-	• The Birthday Spacing Test
4.	TestU01	• Hamming Weight Test • Autocorrelation • Random Walk Test • Longest Run of 1's Test	• Hamming Weight Test • Run and Gap Test • Lempel-Ziv Complexity Test • Autocorrelations Test • Longest Run of 1's Test • CAT Test
5.	Crypt-XS	• Frequency Test • Binary Derivative Test	• Complexity Test

На жаль, ідеальних генераторів не існує, а список їх відомих властивостей поповнюється переліком недоліків. Це призводить до ризику використання в комп'ютерному експерименті поганого генератора. Тому перед проведенням комп'ютерного експерименту необхідно або оцінити якість вбудованої в ЕОМ функції генерації випадкових чисел, або вибрати відповідний алгоритм генерації випадкових чисел.

Тому, крім тестування генератора, надзвичайно важливою є перевірка його за допомогою типових задач, що допускають незалежну оцінку результатів аналітичними або чисельними методами.

Попередній аналіз розглянутих статистичних тестів дозволив визначити, які з них найбільш придатні для використання в різних задачах розробки засобів криптографічного захисту інформації. Аналіз існуючих пакетів для статистичного тестування призводить до висновку, що багато тестів можуть успішно використовуватися для дослідження ПВП на випадковість. Разом з тим, особливості прикладних задач показують, що класична математична модель статистичного тестування не цілком адекватно відображає потреби в дослідженні деяких об'єктів на випадковість [6]. Така ситуація виникає, коли генеруються послідовності невеликої довжини (до 100 біт). В такому випадку досліджувану ПВП неможливо протестувати за допомогою одновимірної статистики. У цій ситуації пропонуємо протестувати послідовність на випадковість використовуючи двох і/або тривимірні статистики. Наведемо відповідну математичну модель.

IV. Сумісний Розподіл Числа 2-Ланцюжків і Числа 3-Ланцюжків Заданого Типу в Двійковій Послідовності

Нехай маємо випадковий або псевдовипадковий процес і пов'язані з ними випадкові величини $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$, (1) де $\gamma_i \in \{0, 1\}$, $i = 1, 2, \dots, n$, $n > 0$.

Підпослідовність $\gamma_j, \gamma_{j+1}, \dots, \gamma_{j+s-1}$, послідовності (1) називається s-ланцюжком,
 $j = 1, 2, \dots, n - s + 1, s = 1, 2, \dots, n$.

Позначимо $\eta(t_1, t_2, \dots, t_s)$ число s-ланцюжків в послідовності (1), які співпадають з t_1, t_2, \dots, t_s , де $t_i \in \{0, 1\}$, $i = 1, 2, \dots, s$.

Умова (У): послідовність (1) складається з n, $n > 0$, незалежних однаково розподілених випадкових величин; $P\{\gamma_i = 1\} = p$, $P\{\gamma_i = 0\} = q$, $p + q = 1$, $i = 1, 2, \dots, n$.

Теорема. Нехай виконуються умови (У), k_1, k_2, k_3, t, t_1 – цілі числа такі, що $k_1 \geq 0, k_2 \geq 0, n \geq k_1, k_3 \geq 0, t, t_1 \in \{0, 1\}$. Тоді

$$P\{\eta(t, t^*) = k_1, \eta(t \ 1 \ t^*) + \eta(t \ 0 \ t^*) = k_2\} = \sum_{m_1=k}^{n-k_1} p^{m_1} q^{m_0} \times \sum_{i=0}^1 C_{k_1}^{\delta_i} C_{m_1-k_1}^{k_2-\delta_i} \quad (2)$$

де $m_0 = n - m_1$, символ \sum позначає додавання по всім цілим невід'ємним числам δ_0 і δ_1 такими, що $\delta_0 + \delta_1 = 2k_1 - k_2$, $t^* \stackrel{\text{def}}{=} 1 - t$;

$$P\{\eta(t_1, t_1^*) = k_1, \eta(t_1 \ t_1^*) = k_2\} = \sum_{m_1=k}^{n-k_1} p^{m_1} q^{m_0} C_{k_1}^{k_2} C_{m_1-k_1}^{k_1} C_{m_1}^{k_1} \quad (3)$$

V. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ДВОВИМІРНОЇ СТАТИСТИКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ БІТОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ

Розглянемо послідовності довжини $n = 10$.

Побудувавши набори усіх можливих ланцюжків довжини 10 елементів отримуємо кількість ланцюжків рівних 2^{10}

Проаналізуємо твердження (2) за допомогою таблиці 2 та рис. 1. В таблиці 2 наведено використання співвідношення (2) для дуже малої вибірки $n, n = 10$, і деяких значень k_1 і k_2 .

ТАБЛИЦЯ 2. ТАБЛИЦЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ДОВЖИНИ 10 ДЛЯ СПІВВІДНОШЕННЯ (2)

(k ₁ , k ₂)	P
(0, 1), (0, 2), (0, 3), (0, 4), (1, 3), (1, 4), (4, 3), (4, 4), (5, 1), (5, 2), (5, 3), (5, 4)	0
(5, 0)	0,000976563
(4, 0)	0,002929688
(3, 0)	0,004882813
(2, 0)	0,006835938
(1, 0)	0,008789063
(0, 0)	0,010742188
(3, 0)	0,014648438
(2, 4)	0,020507813
(4, 1)	0,0234375
(4, 2)	0,02734375

(3, 1)	0,05859375
(1, 1)	0,0703125
(1, 2), (2, 1)	0,08203125
(3, 3)	0,09765625
(2, 3)	0,13671875
(3, 2)	0,146484375
(2, 2)	0,205078125

В таблиці 2 в першому стовпчику наведені всі можливі варіанти значень k_1 і k_2 , для ймовірності $P\{\eta(t, t^*) = k_1, \eta(t_1 t^*) + \eta(t_0 t^*) = k_2\}$. В другому стовпчику таблиці 1 наведено ймовірності (в неспадному порядку) $P\{\eta(t, t^*) = k_1, \eta(t_1 t^*) + \eta(t_0 t^*) = k_2\}$ для пар чисел (k_1, k_2) , які вказані в першому стовпчику таблиці 2.



Рис. 1 – Розподіл ймовірностей в залежності від k_1 і k_2 для співвідношення (2).

Рисунок 1 дає бульбашкову діаграму, в якій перший параметр (горизонтальна вісь) - значення k_1 , другий (вертикальна вісь) - значення k_2 , третій (розмір бульбашки) - ймовірність здійснення події $\{\eta(t, t^*) = k_1, \eta(t_1 t^*) + \eta(t_0 t^*) = k_2\}$, яка представлена у відсотках.

Розглянемо послідовності довжини $n = 13$.

Проаналізуємо твердження (3) за допомогою таблиці 3 та рис. 2. В таблиці 3 наведено використання співвідношення (3) для дуже малої вибірки $n, n = 13$, і деяких значень k_1 і k_2 .

Таблиця 3. Таблиця ймовірностей послідовностей довжини 13 для співвідношення (3)

(k_1, k_2)	P
(0, 1), (0, 2), (0, 3), (1, 2), (1, 3), (2, 3), (5, 2), (5, 3)	0
(4, 3)	0,001953
(5, 1)	0,002441
(5, 0)	0,003418
(0, 0)	0,005859
(3, 3)	0,017578

(4, 2)	0,023438
(1, 0)	0,026855
(4, 0)	0,027344
(4, 1)	0,054688
(2, 0)	0,058594
(3, 0)	0,061523
(1, 1)	0,080566
(2, 2), (3, 2)	0,123047
(3, 1)	0,18457
(2, 1)	0,205078

В таблиці 3 в першому стовпчику наведені всі можливі варіанти значень k_1 і k_2 , для ймовірності $P\{\eta(t_1, t_1^*) = k_1, \eta(t_1 t_1^*) = k_2\}$. В другому стовпчику таблиці 3 наведено ймовірності (в неспадному порядку) $P\{\eta(t_1, t_1^*) = k_1, \eta(t_1 t_1^*) = k_2\}$ для пар чисел (k_1, k_2) , які вказані в першому стовпчику таблиці 3.

Рисунок 2 дає бульбашкову діаграму, в якій перший параметр (горизонтальна вісь) - значення k_1 , другий (вертикальна вісь) - значення k_2 , третій (розмір бульбашки) - ймовірність здійснення події $\{\eta(t_1, t_1^*) = k_1, \eta(t_1 t_1^*) = k_2\}$, яка представлена у відсотках.

Проаналізувавши рисунок 2 можна зробити висновок, що для аналізу послідовності ланцюжків малої та середньої довжини (від 10 до 100 елементів) одномірна статистика не завжди дає коректний результат.

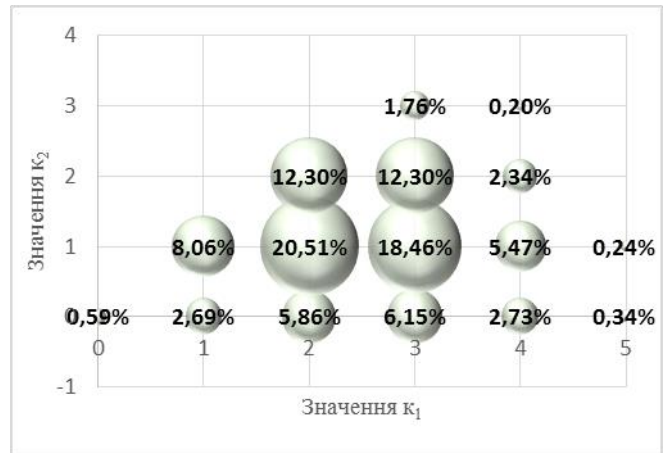


Рис. 2 – Розподіл ймовірностей в залежності від k_1 і k_2 для співвідношення (3).

Наприклад, якщо розглянемо послідовність (0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0), де $k_1 = 3$, то можна зробити висновок з високим ступенем ймовірності про випадковості послідовності з даними характеристиками, однак якщо звернути увагу при $k_1 = 3$ і $k_2 = 3$, можна стверджувати, що дана послідовність є не випадковою. Що і показує недостатність використання одновимірних статистик для аналізу коротких і середніх бітових послідовностей.

VI. ВИСНОВКИ

Підхід до тестування за допомогою багатовимірних статистик дозволяє розраховувати на більш глибоке обґрунтування випадковості генеруються послідовностей. Перевагою тестування за допомогою багатовимірних статистик є також принципова можливість високого ступеня розпаралелювання обчислення сімейства статистик. Ця область є перспективною для наукових досліджень, особливо для послідовностей короткої та середньої довжини, де одномірні статистики часто бувають безсилі.

В роботі встановлені сумісні розподіли числа 2-ланцюжків і числа 3-ланцюжків фіксованого виду випадкової бітової послідовності. Наведені приклади використання цих розподілів. Можливим застосуванням отриманих формул може бути перевірка гіпотези випадковості розташування нулів і одиниць в $(0, 1)$ послідовний кінцевої довжини.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] S. Popereshnyak "Analysis of pseudorandom small sequences using multidimensional statistics" Proceedings of the 2019 3rd IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 5.4.1-5.4.4
- [2] Special Publication 800-22. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications. [Online]. Available: <http://csrc.nist.gov>
- [3] V Masol, S Popereshnyak, "A theorem on the distribution of the rank of a sparse Boolean random matrix and some applications," *Theory of Probability and Mathematical Statistics*. Vol. 76, pp. 103-116, 2008.
- [4] I.P. Gaydyshev, *Programmnoye obespecheniye analiza dannykh*, AtteStat. Rukovodstvo pol'zovatelya. Versiya 13, 2012, 525 p.

Підходи До Формування Проектів Управління Конверсії Біосировини На Виробництво Біопалива

Наталя Пришляк

кафедра адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

natalka.vinn@gmail.com

Approaches To the Formation of Biomass Conversion Management Projects For Biofuel Production

Natalia Pryshlaik

dept. of Administrative Management and Alternative Energy Sources

Vinnitsia National Agrarian University

Ukraine, Vinnitsia

natalka.vinn@gmail.com

Анотація—Визначено підходи до формування проектів управління конверсії біосировини на виробництво біопалива. Проведено оцінку зовнішнього та внутрішнього середовища діяльності сільськогосподарського підприємства при конверсії органічної сировини в енергоресурс методом SWOT – аналізу. Сформовано матрицю взаємозв'язків внутрішніх та зовнішніх чинників процесу конверсії органічної сировини на сільськогосподарських підприємствах. Побудовано матрицю PEST аналізу формування стратегії розвитку біоенергетичного потенціалу регіону.

Abstract—Approaches to the formation of biomass conversion management projects for the production of biofuels have been defined. An assessment of the external and internal environment of the agricultural enterprise in the conversion of organic raw materials into energy by the SWOT method has been carried out. A matrix of interrelations of internal and external factors of the process of conversion of organic raw materials at agricultural enterprises has been formed. A matrix of PEST analysis of the formation of a strategy for the development of a region's bioenergy potential has been constructed.

Ключові слова—відходи; біоресурси; конверсія; управління проектами; енергетична незалежність.

Keywords—waste; bioresources; conversion; management of projects; energy independence.

I. ВСТУП

Енергозалежність України сьогодні є надзвичайно загрозливою і небезпечною. Монополізація структури виробництва та реалізації нафтопродуктів спричинила негативні наслідки як для споживачів, так і для виробників, оскільки це перш за все пов'язано із формуванням монополю високих цін на зазначену продукцію. Окрім того, екологічна шкода від викидів автомобілів, що працюють на бензині та дизельному паливі, стає дедалі відчутнішою. Тому, використання альтернативних палив із кожним днем набуває особливої актуальності. Зокрема, йдеться про виробництво енергоносіїв біологічного походження, або біопалив: біодизеля, біостанолу, біогазу.

Ринок біопалив в Україні лише починає формуватися. Основні причини його повільного розвитку – це низький рівень екологічної свідомості споживачів та відсутність підтримки держави, адже в усьому світі виробництво біопалив є дотаційним. Величезною проблемою є й те, що більша половина сировини, з якої можна було б виготовляти біологічне паливо, постачається у країни Європи, а не використовується для власних потреб, хоч для цього в Україні є відповідний законодавчий, науковий і технічний потенціал.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Нині сільське господарство вважається однією з потенційних галузей, що може продукувати сировину, необхідну для виробництва біологічних видів палива. Використання певної частини сільськогосподарської продукції для виробництва біопалива розглядається як альтернатива традиційним сільськогосподарським практикам. Враховуючи сучасні тенденції розвитку ринкових відносин значну роль для ефективного виробництва у сільськогосподарських підприємствах в поєднанні з конверсією біосировини відіграє саме система управлінських рішень та дій, спрямованих не лише на досягнення максимальних обсягів виробництва та прибутку, а й на забезпечення збалансування економічних, екологічних та соціальних інтересів підприємства [1].

Біосировину необхідно не лише виростити, тобто отримати первинне джерело енергії, але й конвертувати в паливо з подальшим перетворенням у корисну енергію. Проте, з економічної точки зору, конверсія – це не лише

переміщення певних ресурсів із одного сектора в інший з отриманням майбутньої вигоди, але й процес структурної перебудови економіки, причому досить складний та динамічний. Вважаємо, що забезпечення ефективного виробництва у сільському господарстві в поєднанні з конверсією біосировини потребує взаємодії комплексу технологічних, технічних, економічних, організаційно-управлінських, соціальних та інших заходів, підприємства, диверсифікація виробничої діяльності, вихід на ринок нового виду продукції, покращення екологічного стану території розміщення підприємства і має бути метою управлінських рішень щодо конверсії органічної сировини [2]. Проте, для формування стратегії управління процесом конверсії органічної сировини в сільськогосподарських підприємствах необхідним є аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища господарства щодо даного виду виробничої діяльності. Вибір стратегії управління зумовлюється співвідношенням сильних та слабких сторін, що характеризують процес конверсії органічної сировини у сільськогосподарському виробництві. Саме дієва стратегія розвитку біоенергетичної галузі у сільському господарстві здатна примножити внутрішній потенціал підприємства та, за рахунок використання зовнішніх можливостей, зміцнити його фінансовий стан [3, 4].

З метою визначення основних чинників впливу було проведено SWOT-аналіз. На його основі встановлено зовнішні можливості та загрози, а також внутрішні сильні та слабкі сторони при здійсненні процесу конверсії органічної сировини на сільськогосподарських підприємствах (табл. 1).

Таблиця 1. Оцінка зовнішнього та внутрішнього середовища діяльності сільськогосподарського підприємства при конверсії органічної сировини в енергоресурс методом SWOT – аналізу

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Високий потенціал наявної органічної сировини	1. Нестабільність поставок сировини для конверсії в енергоресурс
2. Органічна сировина – місцеве паливо дешевше за традиційні види палива	2. Відсутність довгострокових контрактів на поставку продукції конверсії
3. Власна енергія (енергетична безпека)	3. Низький рівень забезпечення технологічної лінії конверсії
4. Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище	4. Відсутність стимулів для зменшення негативного впливу на довкілля
Можливості	Загрози
1. Можливість залучення додаткових коштів	1. Конкуренція з іншими виробниками біопалива
2. Створення нових робочих місць	2. Відсутність стандартів якості палива, виробленого з органічної сировини
3. Можливість експорту палива виробленого з органічної сировини	3. Низький рівень фінансової підтримки щодо енергетичного використання органічної сировини
4. Розвиток соціальної сфери	4. Високі податки на імпорт виробленої продукції

Джерело: сформовано автором

Для встановлення зв'язків між найбільш вагомими сильними та слабкими сторонами внутрішнього середовища, а також можливостями та загрозами

зовнішнього середовища запропоновано матрицю взаємозв'язків SWOT-аналізу (табл. 2).

Найбільша увага при виборі стратегії приділяється взаємозв'язкам слабких сторін внутрішнього середовища

та загроз зовнішнього середовища. Комбінація такого взаємозв'язку може привести до зупинки виробничого процесу та отримання збитку, взамін очікуваного прибутку. При здійсненні процесу конверсії органічної

сировини у сільськогосподарських підприємствах нереалізована можливість може перейти у чинники ризику (загроз).

Таблиця II. МАТРИЦЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ВНУТРІШНІХ ТА ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ ПРОЦЕСУ КОНВЕРСІЇ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Фактори	Можливості	Загрози
	1. Можливість залучення додаткових коштів. 2. Створення нових робочих місць. 3. Можливість експорту палива виробленого з органічної сировини.	1. Конкуренція з іншими виробниками біопалива. 2. Відсутність стандартів якості біологічних видів палива. 3. Низький рівень державної підтримки щодо використання біосировини.
Сильні сторони 1. Високий потенціал наявної біосировини для конверсії в енергоресурс. 2. Органічна сировина – це місцеве паливо дешевше за традиційні види палива. 3. Власна енергія (енергетична безпека підприємства).	1. Посилення енергетичної безпеки підприємства завдяки спрямуванню залучених додаткових коштів на виробництво енергії із власних джерел. 2. Використання наявної біосировини для конверсії із залученням трудових ресурсів та можливість отримання додаткових коштів.	1. Стимулювання використання енергії, виробленої із біосировини задля зниження негативного впливу на навколишнє середовище для отримання державної підтримки. 2. Використання власної сировини для виробництва біопалива, що зменшує витрати виробництва та підвищує конкурентоспроможність товару
Слабкі сторони 1. Нестабільність поставок сировини для конверсії в енергоресурс. 2. Відсутність довгострокових контрактів на поставку товарів конверсії. 3. Низький рівень забезпечення технологічної лінії конверсії.	3.2. Розширення можливостей експорту біоенергоресурсів, що може призвести до укладання довгострокових контрактів. 1.3. Доукомплектування технологічної лінії конверсії органічної сировини за рахунок залучених коштів.	1. Заходи, спрямовані на стабільність поставок сировини та біоенергоресурсу із врахуванням стандартів якості отриманого товару. 2. Зосередження на недопущенні зупинки лінії конверсії біосировини та отримання пільгової підтримки держави.

Джерело: сформовано автором

Для узагальнення всіх політичних, економічних, соціальних та технологічних факторів, що впливають на формування стратегії розвитку біоенергетичного потенціалу, ми можемо представити матрицю PEST-аналізу на рис. 1.

Політичні	Р	Економічні	Е
1. Політична нестабільність та наслідки революційних подій; 2. Анексія Криму; 3. Військовий конфлікт на сході України; 4. Бюрократизація, корупція та лобювання інтересів окремих політичних груп; 5. Активність молодих та висококваліфікованих кадрів та амбіційність щодо створення позитивних перетворень; 6. Активний рух щодо децентралізації; 7. Підтримка міжнародних організацій та країн-партнерів; 8. Зміни у законодавстві, що сприяють посиленню боротьби з корупцією, зменшення бюрократизації; 9. Європейський вектор розвитку.		1. Коливання курсу національної валюти (інфляція); 2. Переважання експорту сировини та імпорту готової продукції; 3. Високий рівень безробіття в країні; 4. Невизначеність земельних відносин; 5. Енергетична залежність країни від імпорту енергоресурсів 6. Постійне підвищення цін на енергоресурси; 7. Поступовий вихід з економічної кризи; незначне, але стабільне зростання ВВП; 8. Наявність дешевої робочої сили; 9. Інвестиційна привабливість національної економіки.	

Соціальні	S	Технологічні	T
1. Старіння нації, збільшення кількості людей похилого віку; 2. Міграційні процеси, від'їзд працездатного населення та молоді за кордон; 3. Урбанізація, проблеми пошуку роботи та розвитку інфраструктури у сільській місцевості; 4. Низький рівень доходів та низька купівельна спроможність.		1. Відсутність зв'язку між наукою та технологією в реальному секторі економіки; 2. Відставання освіти у вищій школі від інноваційних процесів; 3. Недостатня увага та брак фінансової підтримки державою науки та інновацій. 4. Автоматизація та механізація всіх виробничих процесів; 4. Швидкі темпи розвитку науково-технічного прогресу; 5. Зміцнення захисту прав інтелектуальної власності.	

Рис. 1. Матриця PEST аналізу формування стратегії розвитку біоенергетичного потенціалу регіону впровадженню елементів сталого розвитку у їх організаційно-економічну діяльність.

*Джерело: узагальнено автором

Найбільш привабливіший вигляд мають стратегії, що виникають на перетині полів сильної сторони та можливостей:

- стратегія посилення енергетичної безпеки, використання власної органічної сировини для конверсії в енергоресурс та використання отриманого енергоресурсу на підприємстві;
- стратегія використання наявного потенціалу біосировини для конверсії в енергоресурс з подальшою реалізацією отриманого продукту та залученням додаткового трудового ресурсу;
- стратегія диверсифікації власної виробничої програми та виходом на нові ринки.

Формування та швидкий розвиток ринку біопалив в Україні є вимогою сьогодення. Адже можливості зниження енергозалежності нашої держави шляхом виробництва та реалізації біопалив існують і мають хороші перспективи стати одним із важливих пріоритетних напрямів розвитку економіки України.

Задля формування ефективної стратегії розвитком біоенергетичного потенціалу необхідно виконати ряд заходів, серед яких відновлення кредитування проєктів з виробництва біопалива, зокрема українськими банками; спрощення процедури налагодження виробництва біопалива; реалізацію дієвої державної програми розвитку поновлюваної енергетики, зокрема, рідких видів біопалива; посилення екологічної політики, зокрема, щодо сільськогосподарських підприємств.

III. ВИСНОВКИ

У наш час проблематиці питань розвитку біоенергетичного потенціалу аграрного сектору приділяється значна увага. Біоенергетичний потенціал агропромислового сектору економіки потребує якнайширшого дослідження з метою його визначення і інтегрування в енергетичний сектор країни. Відповідні аналітичні дослідження є основою для подальшого розвитку енергетичної та аграрної галузей та

Слід зауважити, що нарощування інноваційної активності в країні є неможливим без забезпечення стабільної державної підтримки, яка б інтегрувала політико-правові, фінансові, науково-технологічні, комунікативні інструменти, спрямовані на створення належних умов для розвитку інноваційних процесів в економіці, стимулювання впровадження результатів інноваційної діяльності у виробництво.

Таким чином, реалізація зазначених стратегій для окремо визначеного сільськогосподарського підприємства є досить проблематичною. Тому для сільськогосподарських підприємств при прийнятті управлінських рішень щодо вибору стратегії конверсії необхідним є врахування виробничого, фінансового потенціалу конкретного господарства, оскільки правильний вибір управлінських дій забезпечить вибір стратегії, що відповідає можливостям підприємства щодо конверсії органічної сировини. Результатом таких дій може стати покращення виробничої діяльності, її диверсифікації; можливість виходу на нові ринки, зокрема біопалива; стабілізація фінансового стану сільськогосподарських підприємств.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Geletukha, G.G., Zheliezna, T.A., Drahniev, S.V. and A. I. Bashtovyi. Prospects for using biomass from agrarian pruning and plantation removal in Ukraine. *Industrial Heat Engineering*, 2018. 40(1): 68-74. DOI <https://doi.org/10.31472/ihe.1.2018.10>
- [2] Kaletnik G., Pryshliak N. Bioenergy potential development of the agrarian sector as a component of sustainable development of Ukraine. Management mechanisms and development strategies of economic entities in conditions of institutional transformations of the global environment: collective monograph. Edited by M. Bezpartochnyi, in 2 Vol. ISMA University, Riga: "Landmark" SIA, 2019. 96-104.
- [3] Official website of the International Energy Agency. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iea.org>.
- [4] Zulauf, C., Prutska, O., Kirieieva E., Pryshliak, N. Assessment of the potential for a biofuels industry in Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*, 2018. 16(4), 83-90. doi:10.21511/ppm.16(4).2018.08.

High-Precision Technologies for Hydro-Acoustic Studies of Complex Bottom Relief are One of the Areas of the Special Economic Zone of the High-Tech Park

Nataliia Puchenko
dept. of automated
systems and
cybersecurity
Odessa State
Academy of
Technical Regulation
and Quality
Odessa, Ukraine
iioonn24@rambler.ru
ORCID 0000-0003-
1382-4490

Mariia Levkovska
*dept. of Hygiene and
Medical Ecology*
Odessa National
Medical University
Odessa, Ukraine
Levkovskaja46@gmail
l.com
ORCID 0000-0003-
2016-8567

Oleksandra Tsyra
dept. of
communication
Networks
O.S. Popov Odessa
National Academy of
Telecommunications
Odessa, Ukraine
Aleksandra.tsyra@gm
ail.com
or ORCID 0000-
0003-3552-2039

Valentina Solodka
*dept. of
communication
networks*
O. S. Popov Odessa
National Academy of
Telecommunications
Odessa, Ukraine
valyaonas@gmail.co
m
ORCID0000-0002-
5357-6682

Galyna Kovalova
dept. of mathematics
Odessa State
Academy of Civil
Engineering and
Architecture
Odessa, Ukraine
gkovalova@ukr.net
ORCID 0000-0003-
2228-2312

Abstract—Consideration is given to the processing of hydro-acoustic data recorded using depth gauges in combination with navigation information sensors. Particular attention is paid to multi-beam echo sounders. To improve the efficiency in the processing of measurement information time interpolation is performed.

Keywords—multi-beam echo sounder, depth measurement, navigation information sensors, sonar

I. INTRODUCTION

Comprehensive knowledge of the World Ocean with aim for the use of its resources is one of the global problems of an innovative society. To accomplish this task, along with a compass and lags as well as number of the basic technical means for navigation ensuring the safety of navigation for ships, various types of distance meters basically hydro-acoustic are used. Depth gauges are multifunctional and widely used on ships of various activities and warships.

The creation of multi-beam echo sounders brought this problem to a qualitatively new level. With the advent of high-precision certified integrated systems of the new generation, which use the latest design solutions in the development of acoustic emitters and in the creation of new digital signal processing technologies, have become the most effective means for conducting hydrographic work, since as a result of their use, material and time costs are significantly reduced due to expanding the bandwidth and increasing the amount of data collected.

II. THE ERRORS PRESENT IN THE MEASUREMENTS

The main function of depth gauges is to ensure the safety of navigation for vessels of all classes. This task is particularly relevant today, when in the world becomes more complicated due to the increase in the number of large-capacity vessels, the decrease in their maneuverability, and the increase in their draft. In connection with the improvement of the design of ships, the number of depths dangerous for navigation increases, all the more so since the fleet is required to work in all water areas and under any navigation conditions to solve transports problems.

In order to ensure the safety of navigation, for depth meters, attention should be focused on improving such characteristics of navigation depth measurement tools as: accuracy of readings and measurements, degree of automation, and reliability. We must remember that correctness of results is determined by the fact that they do not contain errors. Effective results are methods of solving problems, etc., which provide an error-free solution of problems [1]. It should be borne in mind that no hardware improvements can completely eliminate the errors present in the measurements, which are determined by a number of factors. Since modern echo sounders can only work in conjunction with sensors of navigation information and information about the spatial orientation of the carrier vessel, next to the errors introduced by the echo sounder, it becomes necessary to take into account the measurement errors of these sensors, which, significantly, affect the quality of the source information, especially conducting deep-sea measurements [2]. It is also necessary to introduce corrections

for the refraction of acoustic rays during their propagation into a non-marine marine environment. It follows that the search for new approaches to the organization of effective information systems to assist in navigation is a promising way to improve the general safety of navigation [3].

Improving the efficiency of navigation echo sounders in modern conditions is impossible without considering the section of science that is rapidly developing at the present time, and undoubtedly has a great future - a hydro-acoustics. The appearance of which was preceded by a long path of development of theoretical and applied acoustics. The first information about the manifestation of human interest in the spread of sound in water is found in the notes of a famous Renaissance scholar Leonardo da Vinci: "If you, being at sea put a pipe in the water, and to put the other end to your ear, you will hear ships far away". Hydro-acoustics is a section of acoustics that studies the emission, reception and propagation of sound waves in the aquatic environment (in oceans, seas, lakes, etc.) for the purposes of the underwater location. The main feature of underwater sounds is their low attenuation as a result of which sounds can propagate under water for much greater distances than in air. In addition to attenuation due to the properties of the water itself, the distance of sound propagation under water is influenced by the refraction of sound, its dispersion and absorption by various inhomogeneities of the medium.

III. THE METHODOLOGY FOR PROCESSING RADAR SIGNALS

The application of the methodology for processing radar signals and the transfer of the principles of building systems for processing them in the field of sonar systems leads to their use to determine the coordinates of the underwater object, which is performed after summarizing the results of several measurements at different locations of the transmitting and receiving devices.

When using a multi-beam echo sounder, it is possible to obtain a full coverage of the bottom with acoustic pulses in the direction across the vessel's motion, where there is a high coating density along the tack, a low coating across. The calculation of the depth in the contact spot of a multi-beam echo sounder is complex; it can include hundreds of iterations, providing for filigree detection of underwater objects. The value of the results of the depths of the multi-beam echo sounder is higher than the number of physical rays, and makes it possible to obtain an n -number of results of the depth values from one contact patch.

IV. PROCESSING OF POLYMER MATERIALS

For a multi-beam echo sounder using a satellite navigation system, the materials are processed in the following order: after performing the survey work and recording materials on a magnetic carrier, it is necessary to process them with an appropriate program. Materials are transferred on magnetic media from the computer of the measuring complex (a workstation on a ship) to a post processing computer.

During post-processing, the original data does not change, but new ones are created taking into account the introduced

amendments. After each depth correction operation, a control file is created, so there is always an opportunity to control the post-processing process.

A larger source of error for a multipath echo sounder is an incorrectly measured sound velocity profile. The effect of an incorrectly introduced sound speed profile can be seen on the bottom profile (sweep) - it will have a twisted look (smile), especially on the extreme rays on a flat, even floor.

There are angular corrections for the relative orientation of the roll sensor, gyrocompass and antenna of a multi-beam echo sounder. Under ideal conditions, all three sensors must be mounted so that the directions of the three axes coincide. In reality, an emergent set of sensors is visible, where the inconsistencies are called angular corrections of the offset. The results of measuring the swinging and the course are entered for accurate results of a multi-beam echo sounder. It is necessary to remember the angular offset corrections because to measure this exactly impossible.

In the calculations, the effect of inaccurate determination of the angular displacement of the sensors along the axis of the side roll on the depth determination (with an error of 2°) for different radiation angles of a multi-beam echo sounder.

The vessel with a multipath complex is equipped with a significant number of sensors. Where some sensor performs its task, it transfers it to a personal computer. A personal computer stores data received from devices with time stamps indicating the instant of measurement of the environment parameter. And time stamps serve as a link between data from different devices. To determine the location of a point with a depth at a certain point in time, it is necessary to know the parameters of the swinging, the course and positioning at the time of receiving the depth from the echo sounder. These measurements are not synchronized, so need perform interpolation over time.

CONCLUSION

The advantage of multipath echo sounders is the smaller angle of individual rays, it allows you to change the antenna tilt and get a higher resolution to the individual rays. But it also leads to the need to take into account the same parameters: onboard swinging and pitching, heading. There is also a critical parameter - the profile of the speed of sound (accounting for refraction). This leads to the use of additional sensors (motion sensor, sound velocity profile meter, gyrocompass) and to the more complex system calibration procedure. Therefore, worldwide testing of synergistic models of multi-beam surveys is offered.

ACKNOWLEDGMENT

We wish to thank V. Kychak, prof., L. Trotsyshyn, prof., O. Puchenko, prof. and G. Bortnyk, prof. for their insightful comments on earlier drafts.

We would also like to thank Vinnytsia National Technical University for the application of theoretical and practical research in the R & D "Development of the theory and

methodology of digital radio signal processing in real time" (Ministry of Education and Science of Ukraine, Vinnitsa National Technical University);

R & D "Development of methods for designing a fiber-optic transmission system" (Ltd "Budivelnik-3", Vinnitsa National Technical University).

REFERENCES

[1] N. Puchenko, O.Tsyra The strategy of informative redundancy of necessary measurements in the ship navigation as the independent

direction in the development of a high tech park // N. Puchenko, O.Tsyra, G. Kovalova and others// IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC): October, 16-18, 2018 Kyiv, 2018. – P. 110 – 113.

[2] Algorithms for processing hydroacoustic signals: monograph / I. V. Karabanov, A. S. Mironov. - Khabarovsk: Pacific Publishing House. state, un-that, 2018. -140 with. ISBN 978-5-7389-2363-0

[3] N. Puchenko Information technologies: current state and prospects: monograph / G.V. Aloshin, O.O. Besonov, N.O. Puchenko et al., Under total. ed. V.S. Ponomarenko - Kharkiv: Dis Plus C LLC, 2018 - 462.

Моделювання Руху Квазітвердого Тіла під Дією Моменту Сил Світлового Тиску

Алла Рачинська
кафедра теоретичної механіки
Одеський національний університет
імені І.І. Мечникова
Одеса, Україна
rachinskaya@onu.edu.ua

Олександр Купчак
кафедра теоретичної механіки
Одеський національний університет
імені І.І. Мечникова
Одеса, Україна
AKupchak@meta.ua

Simulation of Motion of a Quasi-Solid Under the Action of a Moment of Force of Light Pressure

Alla Rachinska
dept. of Theoretical Mechanics
Odessa I.I. Mechnikov National University
Odessa, Ukraine
rachinskaya@onu.edu.ua

Alexander Kupchak
dept. of Theoretical Mechanics
Odessa I.I. Mechnikov National University
Odessa, Ukraine
AKupchak@meta.ua

Анотація—Досліджено швидкий обертальний рух динамічно несиметричного супутника відносно центру мас під дією моменту сил світлового тиску. Орбітальні рухи з довільним ексцентриситетом вважаються заданими. Супутник вміщує сферичну порожнину, що цілком заповнена в'язкою рідиною. Аналізується система, отримана після усереднення по руху Ейлера-Пуансо. Дослідження проводиться в безрозмірному вигляді, що дозволяє отримати багатопараметричну систему рівнянь руху. Проведено аналіз впливу параметрів задачі на характер руху супутника відносно центру мас. Моделюється годограф вектора кінетичного моменту в тривимірному просторі при різних значеннях параметрів системи.

Abstract—The fast rotational motion of a dynamically asymmetric satellite relative to the center of mass under the action of the moment of light pressure forces is investigated. Orbital motions with an arbitrary eccentricity are considered given. The satellite contains a spherical cavity, completely filled with a viscous fluid. The system obtained after averaging over the Euler – Poinso motion is analyzed. The study is carried out in a dimensionless form that allows us to obtain a multiparameter system of equations motion. The analysis of influence parameters of the problem on the nature motion of the satellite relative to the center mass is carried out. The hodograph of the kinetic moment vector in three-dimensional space is simulated for various values of the system parameters.

Ключові слова—геометрія мас, годограф, кінетичний момент, в'язка рідина, світловий тиск, супутник

Keywords—mass geometry, hodograph, kinetic moment, viscous fluid, light pressure, satellite

I. ВСТУП

Дослідження задач динаміки руху твердих тіл навколо нерухомої точки залишається актуальним протягом багатьох десятиліть. Це обумовлено зростанням вимог до точності вирішення практичних завдань космонавтики, гіроскопії і ін. [1-3]. Стрімкий розвиток ІТ-технологій дозволяє не тільки застосовувати нові методики дослідження задач, але і проводити моделювання досліджуваних процесів.

Розробка власних пакетів для моделювання механічних процесів дозволяє проводити дослідження руху твердого тіла відносно нерухомої точки під дією різних силових факторів, а так само їх сукупності. Для кожного силового фактора будується необхідна фізична і математична моделі, а також досліджується питання взаємодії силових факторів. Для узагальнення отриманих результатів необхідно будувати моделі в безрозмірному вигляді, вибираючи в якості масштабу характерних характерні параметри завдання.

Однією з важливих характеристик обертального руху твердого тіла відносно нерухомої точки є вектор кінетичного моменту. Годограф даного вектора є просторовою кривою, яка дозволяє досліджувати характер руху твердого тіла і визначити необхідні співвідношення між параметрами моделі [4-5].

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розглянемо рух супутника відносно центру мас під дією моменту сил світлового тиску. Тіло містить порожнину, цілком заповнену сильно в'язкою однорідною рідиною. Введемо три декартові системи координат, початок яких сумісний з центром інерції супутника [1, 2]. Положення вектора кінетичного моменту \mathbf{G} щодо його центру мас в системі координат визначаються кутами δ і λ , як показано в [1, 2]. Рівняння руху тіла відносно центру мас записано у формі [2]. Центр мас супутника рухається по кеплерівській еліпсу з заданим ексцентриситетом e .

Проекції моменту прикладених сил складаються з моменту сил світлового тиску і моменту сил в'язкої рідини в порожнині. Припускається, що поверхня космічного апарату представляє собою поверхню обертання. У роботі передбачається, що в порожнині знаходиться рідина великий в'язкості.

Розглядається динамічно несиметричний супутник, в припущенні, що кутова швидкість руху супутника відносно центру мас істотно більше кутової швидкості орбітального руху. В цьому випадку кінетична енергія обертання тіла велика в порівнянні з моментами сил, що збурюють рух тіла.

Ставиться задача дослідження еволюції обертань супутника на асимптотично великому інтервалі часу, на якому відбувається суттєва зміна параметрів руху.

III. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ СУПУТНИКА ВІДНОСНО ЦЕНТРУ МАС

Для вирішення задачі будемо застосовувати метод усереднення [3].

В результаті отримано систему рівнянь руху супутника відносно центру мас, що складається з шести диференціальних рівнянь. Систему приведено до безрозмірного виду:

$$\frac{d\delta}{d\tau} = -\frac{\chi}{2\tilde{G}} \frac{(1+e\cos\nu)^2}{(1-e^2)^2} H \sin\delta \sin 2(\lambda-\nu),$$

$$\frac{d\lambda}{d\tau} = -\frac{\chi}{\tilde{G}} \frac{(1+e\cos\nu)^2}{(1-e^2)^2} H \cos\delta \cos^2(\lambda-\nu),$$

$$\frac{dG}{dt} = 0,$$

$$\begin{aligned} \frac{d\tilde{T}}{d\tau} = & -\frac{4\tilde{T}^2(1-\tilde{A}_3)(1-\tilde{A}_2)(\tilde{A}_2-\tilde{A}_3)}{3\mu\tilde{A}_2\tilde{A}_3^2[\tilde{A}_2-\tilde{A}_3+(1-\tilde{A}_2)k^2]^2} \times \\ & \times \left\{ \tilde{A}_2(1-\tilde{A}_3)(1+\tilde{A}_3-\tilde{A}_2) \left[(k^2-1) + (1+k^2) \frac{E(k)}{K(k)} \right] + \right. \\ & + (\tilde{A}_2-\tilde{A}_3)(\tilde{A}_3+\tilde{A}_2-1) \left[(k^2-2) \left(1 - \frac{E(k)}{K(k)} \right) + k^2 \right] + \\ & \left. + \tilde{A}_3(1-\tilde{A}_2)(1+\tilde{A}_2-\tilde{A}_3) \left[(1-2k^2) \left(1 - \frac{E(k)}{K(k)} \right) + k^2 \right] \right\} \\ \frac{dv}{d\tau} = & \frac{(1+e\cos\nu)^2}{(1-e^2)^{3/2}}, \end{aligned}$$

$$\frac{dk^2}{d\tau} = \frac{1}{\tilde{N}} (1-\eta)(1-k^2) - [(1-\eta) + (1+\eta)k^2] \frac{E(k)}{K(k)},$$

де

$$H = \frac{1}{2} \left[3a^2 \frac{E(k)}{K(k)} - 1 \right], \text{ якщо } 2\tilde{T}\tilde{A}_2 - \tilde{G}^2 > 0,$$

$$H = \frac{1}{2} \left\{ \frac{3a^2}{k^2} \left[k^2 - 1 + \frac{E(k)}{K(k)} \right] - 1 \right\}, \text{ якщо } 2\tilde{T}\tilde{A}_2 - \tilde{G}^2 < 0,$$

$$a^2 = \frac{\sigma+h}{1+\sigma}, \sigma = \frac{\tilde{A}_3(1-\tilde{A}_2)}{(\tilde{A}_2-\tilde{A}_3)}, h = \left(\frac{2\tilde{T}}{\tilde{G}^2} - \frac{1}{\tilde{A}_2} \right) \frac{\tilde{A}_2\tilde{A}_3}{\tilde{A}_2-\tilde{A}_3},$$

A_i ($i=1,2,3$) - головні центральні моменти інерції тіла, $K(k)$ и $E(k)$ - повні еліптичні інтеграли першого і другого роду відповідно [6], безрозмірні характерні числа даної моделі

$$\chi = \frac{a_1 R_0^2 \omega_0^{1/3}}{G_0 \eta^{2/3}}, \quad \mu = \frac{\omega_0 A_1^3}{P G_0^2},$$

$$\eta = \frac{3\tilde{A}_2[(1+\tilde{A}_3^2) - \tilde{A}_2(1+\tilde{A}_3)]}{(1-\tilde{A}_3)[\tilde{A}_2(1+\tilde{A}_3-\tilde{A}_2) + 2\tilde{A}_3]}$$

IV. ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ УСЕРЕДНЕНОГО ВЛАСНОГО ОБЕРТАННЯ СУПУТНИКА

Розроблено власний пакет чисельного розрахунку для побудованої математичної моделі супутника, а так само бібліотека розрахунку повних еліптичних інтегралів першого та другого родів. Чисельний розрахунок дозволяє отримати функції зміни модуля вектора кінетичного моменту супутника, його кутів орієнтації по відношенню до орбіти, а так же величини кінетичної енергії супутника. Проведено аналіз впливу параметрів задачі на характер руху супутника відносно центру мас. Отримано якісна картина впливу початкових значень кутів орієнтації вектора кінетичного моменту, геометрії

мас, ексцентриситету орбіти, характерних чисел збурюючих моментів на характер годографа вектора кінетичного моменту. Моделюється годограф вектора кінетичного моменту в тривимірному просторі при різних значеннях параметрів системи. Для побудови тривимірних об'єктів на сцені, згідно з проведеними чисельним розрахункам, розроблено власне програмне забезпечення з використанням технології DirectX на мові C #, що імітує віртуальну лабораторію чисельного експерименту.

На рис. 1-3 представлено годографи вектора кінетичного моменту на сфері одиничного радіусу для окремих чисельних результатів.

Чисельний розрахунок руху супутника відносно центру мас виконується для кругової орбіти ($e=0$) для геометрії мас $\tilde{A}_2 = 0.8$, $\tilde{A}_3 = 0.5$; для початкових умов кутів $\delta_0 = 0.33\pi$, $\lambda_0 = 0$ и $\nu_0 = 0$; для характерних чисел задачі $\chi = 0.1; 1; 2$, $\mu = 1$ при модулі еліптичних функцій $k^2 = 0.5$. Крива 1 відповідає значенню $\chi = 0.1$, крива 2 - $\chi = 1$, крива 3 - $\chi = 2$ (рис.1). Видно, що збільшення характерного числа приводить до збільшення амплітуди та періоду.

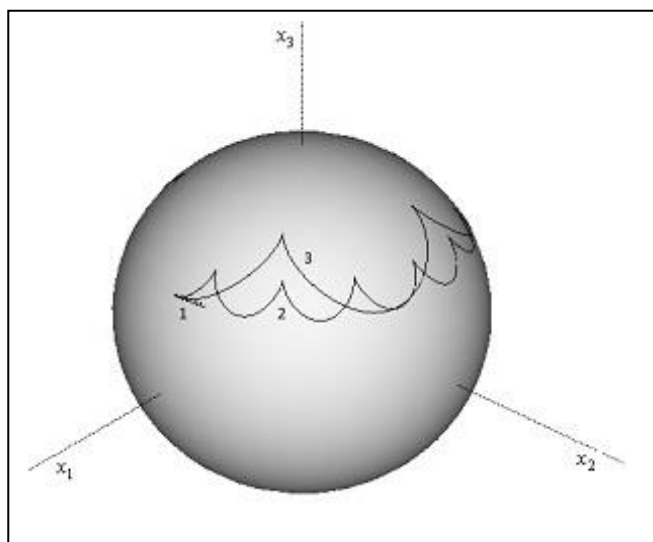


Рис. 1. Годограф вектору кінетичного моменту для різних значень параметру моменту сил світлового тиску

На рис. 2 представлено годограф вектору кінетичного моменту для супутника з тією ж самою геометрією мас, центр мас рухається по круговій орбіті, модуль еліптичних функцій $k^2 = 0.98$, характерний параметр моменту сил світлового тиску $\chi = 1.5$. Крива 1 відповідає значенню $\mu = 100$, крива 2 - $\mu = 500$ (рис.2). Згідно проведеного чисельного дослідження видно, що збільшення характерного числа моменту сил в'язкої рідини приводить до незначного збільшення амплітуди та періоду кривої годографа вектора кінетичного моменту.

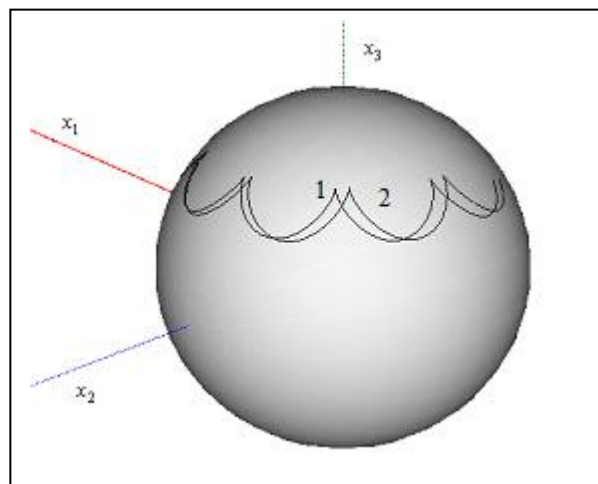


Рис. 2. Годограф вектору кінетичного моменту для різних значень параметру моменту сил в'язкої рідини

V. ВИСНОВКИ

Проведене чисельне дослідження збуреного руху тіла під дією моментів сил світлового тиску та сил в'язкої рідини в порожнині показало, що моделюючи тіла з різною геометрією мас, з різними значеннями параметрів збурюючих моментів отримуємо поворот вектора кінетичного моменту відносно центру мас проти ходу годинникової стрілки навколо осі вертикалі до площини орбіти, при цьому крива годографа вектора кінетичного моменту має різний характер.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] В.В. Белецкий, "Движение спутника относительно центра масс в гравитационном поле", М.: Изд-во МГУ, 416 с., 1975.
- [2] Ф.Л. Черноушко, "О движении спутника относительно центра масс под действием гравитационных моментов", *Прикладная математика и механика*, Т.27, №3, С.472-483, 1963.
- [3] Е.А. Гребеников "Метод усреднения в прикладных задачах", М.:Наука, 256 с., 1986.
- [4] A. L. Rachinskaya and E. A. Rumyantseva "Optimal deceleration of a rotating asymmetrical body in a resisting medium", *International Applied Mechanics*, Vol. 54, No. 6., pp.710-717, 2018.
- [5] A. Rachinskaya "Modeling the motion of a solid body under the action of the moment of light pressure in the medium with resistance", *Herald of advanced information technology*, №01(02), С. 47-56, 2019.
- [6] И.С. Градштейн, И.М. Рыжик, "Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений", М.: Наука, 1108 с., 1971.

Acquisition of eWuś System Data in Android Application

J. Rogowski

*Institute of Information Technology
Lodz University of Technology
Wólczańska str., 215, Lodz, Poland
jan.rogowski@p.lodz.pl*

Отримання Даних Системи eWuś у Додатку для Android

Я. РОГОВСЬКИЙ

*Інститут інформаційних технологій
Технологічний університет
м. Лодзь, вул. Вульчаньська 215, Польща
jan.rogowski@p.lodz.pl*

Abstract—The main goal of this work is to present the application operating on the Android mobile platform that allows authorized health care service providers to retrieve information from eWUŚ web service that is the basis for verification of the right to implement free service under a contract with the Polish NFZ (National Health Fund).

Анотація—Основна мета цієї роботи полягає в тому, щоб представити додаток, що працює на мобільній платформі Android, що дозволяє уповноваженим постачальникам медичних послуг отримувати інформацію від веб-сервісу eWUŚ, що є основою для перевірки права на безкоштовне надання послуг за контрактом з польською НФЗ (Національний фонд охорони здоров'я).

Keywords— *eWuś; Android; web services*

Ключові слова— *eWuś; Android; веб-сервісу*

I. INTRODUCTION

The eWUŚ is the service of Electronic Verification of Eligibility of Beneficiaries, provided by the Polish National Health Fund (NFZ). It is a system enabling the provider to immediately confirm the patient's right to health care, financed from public funds. The service was made available for use on January 1, 2013. It can be used by service providers who have access to the Internet and obtained from NFZ authorization to use the system. The information stored by the eWuś system is based on the data contained in the Central List of Insured (CWU) database which is updated daily according to data received from ZUS (Social Insurance Institution) and KRUS (Agricultural Social Insurance). The data represent the status of beneficiaries permissions on the day they were collected from the system and has a specific validity period. Beneficiary gets the right to verify after giving his PESEL number and confirming his identity with one of the following documents: ID card, passport, driving

license or school ID. In case when as a result of checking the state of the entitlement to benefits, the patient receives information that it is "unauthorized", the provider can still give benefits, the costs of which will be covered by the NFZ, upon presentation of a right to benefits confirmation document or the submission of an appropriate statement.

eWuś is a SOAP web service. Operations provided by the service are described in the WSDL format, while the information is sent using SOAP protocol.

WSDL (Web Services Description Language) - an XML-based language for defining and describing the use of web services. The language defines a set of several XML structures allowing a full description of the service (format of data exchanged with the service, method of connection to the service, usually HTTP). In WSDL, websites are described as a collection of endpoints (the corresponding URI to which requests are sent) that can send data containing documents or parameters. WSDL describes what functionality is provided by the web service, how to call its functions and where to find the web service. The web service implementation should follow the definitions given in the WSDL file, but there is some flexibility left here. WSDL also allows one to define the binding between an abstract set of message definitions with specific protocols and data formats. It defines the extensions for bindings with: SOAP 1.1, HTTP GET, HTTP POST and MIME. The basic language for defining the message structure is XML Schema. WSDL supports this language directly. However, it does not exclude the use of other languages.

Although the original name behind the acronym SOAP is "Simple Object Access Protocol", in fact it is not a protocol definition but a standard messages format. Each SOAP message may contain a header - a dedicated area storage of meta-information. The main content of the message is in its body, which usually constitute data formatted according to the XML standard.

II. MARKET RESEARCH ON EXISTING SOLUTIONS

Before the application was developed, market research on existing solutions was carried out. The following solutions were tested: LekSeek DrWidget eWUŚ [1], Ericpol eWUŚ Mobile [2], Silesoft eWUŚ [3], Mobistudio MobieWUŚ [4] and eZoz eWUŚ [5].

The following are the requirements that should be met by the IT solution under study.

- Availability for as many devices as possible - only one solution meets this assumption, i.e.: DrWidget eWUŚ with the result of 99.4% supported devices. Other applications have been far behind. Ericpol eWUŚ Mobile and Mobi eWUŚ 42% each, and others below 1% (Silesoft eWUŚ and eZoz eWUŚ) [6].
- Enabling the review of the verification operations history - most applications meet this assumption, with a DrWidget eWUŚ application as a single exception.
- Data export - this function is very important because the service provider can be asked to prove (as a result of a patient complaint or undermining the legitimacy of refunds, by the NFZ) that at the time of granting the benefit or its refusal, the system returned positive or negative information about the status of entitlements. Only Silesoft eWUŚ application does not give the possibility of data export.
- Change of password - periodic password change is required by the eWuś system. Integrating this feature is very important because the user may receive a login refusal message when, for example, healthcare provider supports the patient, and it can be quite big delays in servicing or even refusal to provide the service. None of the tested applications gives this possibility.
- Personal Identification Number (PIN) security - all the tested applications provide the ability to store login data and the user may not give them every time. In this case, another person who has access to user device, will be able to use the application in order to verify any PESEL number. Due to the personal data protection, this is an unacceptable situation. That's why with automatic login it is important to provide additional security for access to the application. None of the tested applications gives this possibility.

As one can see, none of the applications available on the market meets the presented requirements.

III. APPLICATION DESIGN

The application works on the Android mobile system. Android has been chosen because of its popularity. Java programming language, Android Studio and Android Software Development Kit were used to implement an application. To store the data, an application uses the SQLite database. Easy WSDL library was used to implement the communication with eWuś service. EventBus library was used to implement the communication between different application

components. An application communicates with the eWuś web service through the SOAP protocol using the messages described by WSDL. The following list presents the application functional requirements: enabling logging to the eWuś service, allowing logging out of the logged in user session from the eWuś service, changing the password in the eWuś service, verification of the insurance status of the beneficiary by the PESEL number, storing all eWuś service responses in the device memory, export of all eWuś service responses to the xml files, saving login data in the application cache and enabling auto-login and securing access to the application with a four-digit PIN code. Application graphical user interface screens are presented in Fig. 1.

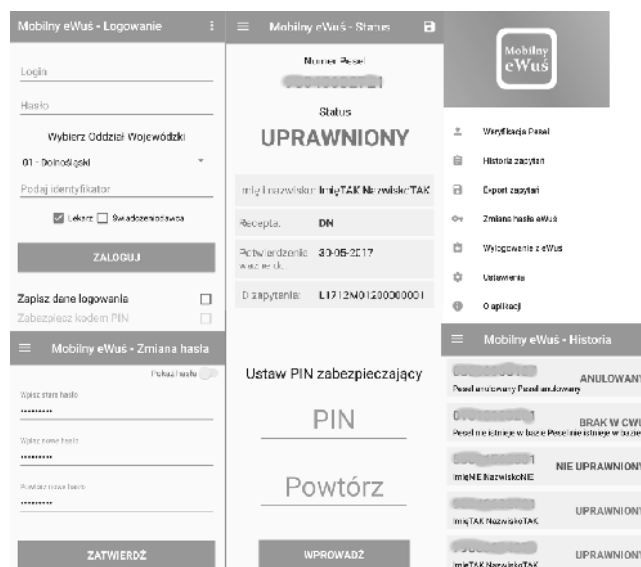


Fig. 1 Application graphical user interface screens

IV. CONCLUSION

The paper presents a fully functional mobile application, which is a helpful tool that is able to facilitate the work of health professionals. This application has a definite functional advantage over competing products.

The use of this type of application by the physician gives the opportunity to quickly verify the patient insurance status, regardless of where the service is provided and can be extremely useful in his work.

REFERENCES

- [1] LekSeek DrWidget eWUŚ product website, <http://lekseek.com/drwidget-ewus.html>.
- [2] Ericpol eWUŚ Mobile web page on dobreprogramy portal, <https://www.dobreprogramy.pl/eWus-Mobile,Program,Android,46225.html>.
- [3] Silesoft eWUŚ web page on apkfiledownload portal <https://apkfiledownload.com/ewu%C5%9B/pl.clientewus/>.
- [4] Mobistudio MobieWUŚ web page on Google Play portal <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mobistudio.eWUS>.
- [5] eZoz eWUŚ product website, <https://ezoz.com.pl/ewus-na-smartfony-z-systemem-android/>.
- [6] Dashboards, Android Developers, <https://developer.android.com/about/dashboards/index.html>.

Корелометр на Базі Мікроконтролера для Спектроскопії Оптичного Змішання

Вадим Рольшиков
кафедра інформаційних
технологій
Одеський державний екологічний
університет
Одеса, Україна
wasqrolq@gmail.com

Володимир Гоцульський
кафедра загальної фізики і фізики
теплоенергетичних та хімічних
процесів
Одеський національний
університет ім. І.І.Мечникова
Одеса, Україна
vygot@onu.edu.ua

Юрій Мельник
кафедра загальної фізики і фізики
теплоенергетичних та хімічних
процесів
Одеський національний
університет ім. І.І.Мечникова
Одеса, Україна
my.name@mail.com

Microcontroller Based Corelometer for Light Beating Spectroscopy

Vadim Rolshchikov
dept. of Information Technology
Odessa State Environmental
University
Odessa, Ukrain
wasqrolq@gmail.com

Vladimir Gotsulskiy
dept. of General Physics and
Physics Thermoenergetical and
Chemical Processes
Mechnikov National University of
Odessa
Odessa, Ukraine
vygot@onu.edu.ua

Yurii Melnik
dept. of General Physics and
Physics Thermoenergetical and
Chemical Processes
Mechnikov National University of
Odessa
Odessa, Ukraine
yuramelnik93@gmail.com

Анотація—Описані теоретичні питання спектроскопії оптичного змішання. Обговорені алгоритми і схеми корелометрів. На основі власного алгоритму створений і випробуваний оригінальний корелометр, який дозволяє вивчати випадкові сигнали з характерними часами від 5 нс до десятків мс.

Abstract—The theoretical questions of light beating spectroscopy are described. The algorithms and schemes of corelometers are discussed. On the basis of its own algorithm, an original corelometer was created and tested. This makes it possible to investigate random signals with a typical time from 5 ns to tens of ms.

Ключові слова—корелометр, розсіяння світла, кореляція фотонів, спектроскопія оптичного змішання

Keywords—corelometer, light scattering, foton correlation, light beating spectroscopy

I. ВСТУП

Потреба у вивченні властивостей випадкових процесів призвела до розвитку відповідних методів і засобів. Так флуктуючі сигнали, які викликані

випадковими процесами у фізичній системі, несуть у собі інформацію про її параметри. Наприклад, про коефіцієнти дифузії, швидкості хімічних реакцій, гідродинамічні розміри часток у розчинах [1–2] тощо. Основним методом дослідження цих параметрів зараз є динамічне розсіювання світла

Властивості гаусових випадкових процесів при знаному математичному очікуванні цілком описуються кореляційними функціями (надалі КФ) тому розробка методів і засобів вимірювань значень КФ випадкових процесів є однієї з найважливіших проблем статистичних вимірювань Втім, тільки з появою лазерних джерел ці методи з'явилися в спектроскопії оптичного діапазону [3].

II. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СПЕКТРОСКОПІЇ ОПТИЧНОГО ЗМІШАННЯ

В [4] показано, що у процесі розсіювання відбувається модуляція світла і спектр розсіяного світла уширюється. Ширина спектра розсіяного світла має порядок $1/\tau_c$, де τ_c – час кореляції, є мірою періоду модуляції. Будь-яке переміщення розсіювача як цілого, призводить до появи

доплеровского зсуву Δ стосовно частоти ω_0 збудливого випромінювання. Спектр $s(\omega)$ визначається так:

$$s(\omega) = \left\langle \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \left| \int_{-T/2}^{T/2} E^+(t) e^{-i\omega t} dt \right|^2 \right\rangle. \quad (1)$$

Тут $E^+(t)$ – деякий аналітичний сигнал, пов'язаний з істинною напруженістю поля $E(t)$.

Урахування дисперсійного співвідношення для стаціонарних випадкових процесів $E(t)$ дає:

$$s(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \langle E^+(0) E^-(\tau) \rangle e^{-i\omega\tau} d\tau, \quad (2)$$

де $E^-(t) = (E^+(t))^*$. Звідси ненормована і нормована КФ визначаються як:

$$G^{(1)}(\tau) = \langle E^+(0) E^-(\tau) \rangle, \quad g^{(1)}(\tau) = \langle E^+(0) E^-(\tau) \rangle / \langle I \rangle, \quad (3)$$

де I – інтенсивність поля $I(t) = E^+(t) E^-(t)$. Фізика процесу детектування світла, не дає безпосередньо виміряти $G^{(1)}(\tau)$. Вимірюються тільки КФ другого порядку:

$$G^{(2)}(\tau) = \langle I(0) I(\tau) \rangle, \quad g^{(2)}(\tau) = \langle I(0) I(\tau) \rangle / \langle I \rangle^2. \quad (4)$$

З низки причин безпосередньо виміряти $g^{(2)}(\tau)$ теж неможливо і на практиці вимірюють КФ послідовності фотоелектронів від світла інтенсивності $I(t)$. Статистичні властивості такого сигналу докладно обговорюються в [5], ми ж розглянемо лише деякі найбільш істотні результати.

Емісія фотоелектронів являє собою пуасоновській процес і інтенсивність флукутує у часі то, як показано в [5], розподіл фотовідліків описується формулою Манделя:

$$p(n, T) = \int_0^{\infty} \frac{(\alpha I)^n}{n!} e^{-\alpha I} P(I) dI. \quad (5)$$

Узагальнення розподілу (10) для спільного розподілу відліків у двох вибірках, розділених інтервалом затримки τ з урахуванням співвідношення Зігерта $g^{(2)}(\tau) = 1 + |g^{(1)}(\tau)|^2$ [6], надає можливості для обчислення спектральних характеристик оптичних сигналів.

III. МЕТОДИ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

Автор [4] наводить функціональну схему n -бітового корелометра де оцифрований сигнал проходить через регістр зсуву. За час зсуву виконується множення сигналу на значення у всіх комірках регістру, результати записуються у накопичувач. Таким чином в накопичувачі утворюється КФ.

Там же показано, що для гаусових сигналів можна модернізувати такий корелометр вимірюючи КФ кліпрованого сигналу, яка пов'язана з КФ вхідного формулою Ван Флека [7]

$$g_{dc}(\tau) = 2 \arcsin(g(\tau)) / \pi. \quad (6)$$

З низці причин формулу Ван Флека не можна застосовувати в оптичній області спектра. Але для імпульсів від фотоприймача можна використовувати одноканальну прив'язку і тоді співвідношення між КФ вхідного і кліпрованого сигналів визначається так:

$$g^{(2)}(\tau) = I + (I + k) / g^{(1)}(\tau)^2 / (I + \langle n \rangle), \quad (7)$$

де k – прив'язки, а n середня інтенсивність потоку імпульсів.

З порівняння виразу (7) і співвідношення Зігерта видно, що при рівні прив'язки $k \sim n$ обидва вирази збігаються.

Більшість фірм, які займаються випуском корелометрів для оптичних вимірювань, будують їх як прилади з одноканальною прив'язкою.

За таким принципом улаштовані найпоширені в світі корелометри фірми Malvern [8] – найвідомішого виробника, який спеціалізується на розробці і продажі приладів для вимірювання різноманітних фізичних характеристик.

IV. ВИМІРЮВАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ НЕГАУСОВИХ СИГНАЛІВ

Всі вище описані методи побудови КФ мають значний недолік: вони застосовні лише для гаусових сигналів. Для негаусових співвідношення Зігерта не виконується. І хоча в [4] наведені шляхи виправлення цього становища, але навіть застосування мікропроцесорів [9] і мікроеом [10] незначно виправляє ці недоліки.

В [11] запропонований метод, а в [12] описаний устрій одержання КФ, якій дозволяє одночасно спростити схемне рішення розширити клас досліджуваних явищ. Метод заснований на наступному.

Функція розподілу інтервалів часу між окремими імпульсами фотовідліків $R(\tau)$ [13] для стаціонарних процесів розсіювання світла визначається через імовірність фіксування різних інтервалів часу:

$$R(\tau) \sim \langle I(0) I(\tau) P(\tau) \rangle. \quad (8)$$

Тут, як і раніше, $I(0)$ і $I(\tau)$ – інтенсивності сигналу в довільний момент й у момент часу, на відстані τ . $P(\tau)$ – імовірність того, що на проміжку часу від 0 до τ не спостерігається жодного імпульсу.

Аналогічно можна побудувати функцію розподілу $R(n, \tau)$, для розподілу інтервалів часу через n імпульсів один від одного:

$$R(\tau) \sim \langle I(0)I(\tau)P(n, \tau) \rangle, \quad (9)$$

де $P(n, \tau)$ – імовірність того, що на проміжку часу τ буде зареєстровано n імпульсів. Виконуючи накопичення всіх можливих розподілів $R(n, \tau)$ для різних n , одержимо

$$R^{(k)}(n, \tau) = \sum_{n=0}^k R(n, \tau) \langle I(0)I(\tau) \sum_{n=0}^k P(n, \tau) \rangle. \quad (10)$$

Граничним значенням останнього співмножника при $k \rightarrow \infty$ є одиниця, а отримана в такий спосіб функція розподілу $R^{(k)}(n, \tau)$ пропорційна ненормованій КФ (4). Обмеження k яким-небудь скінченним значенням вносить деяку похибку у значення функції кореляції, величина похибки тим більше, чим більше інтервал вимірювання часу кореляції. Можна показати, що вже при k приблизно 10, похибка у вимірюванні $G^{(2)}(\tau)$, навіть на великих інтервалах часу десь до трьох характеристичних часів $T=1/N$ (де N – середня інтенсивність потоку імпульсів), не перевищує 1%. Така точність вимірювання $G^{(2)}(\tau)$ знаходиться у межах статистичної апаратної похибки вимірювання і є цілком придатною для експериментальних робіт.

Корелометр [12], реалізує цей метод одержання КФ. В роботі наведені результати вимірювання КФ негаусового сигналу із задалегідь відомою КФ. Сигнал – це випромінювання світло діоду, запитаного від генератора білого шуму через активний RC-фільтр.

Пізніше на основі одноплатного мікроконтролера K1-20 на базі мікропроцесорного комплексу серії KP580 була розроблена модель корелометра, працюючого за тим же алгоритмом, що й [12], але керованого програмно. Недоліком цього приладу було те, що процесі накоплення інформації і її обробки виконувались безпосередньо не дуже швидкісним мікроконтролером, а це, в свою чергу, призводило до того, що діапазон досліджуваних процесів обмежувався дуже нешвидкоплинними сигналами з малою середньою інтенсивністю приблизно 200-300 Гц. Вимірювання процесів з малими часами кореляції практично унеможлилювалось.

Для усунення цього недоліку було вирішено створити подібний прилад з використанням можливостей звичайного персонального комп'ютера архітектури IBM на мікропроцесорі Intel. З цією метою була розроблена плата, яка безпосередньо підключалась до шини ISA материнської плати комп'ютера, а потім й перенесена на шину PCI.

Для більш ефективної роботи алгоритму і зниження часу перетворення обмірюваного у кількості тактових імпульсів комп'ютера часового інтервалу код програми

для вимірювання часового інтервалу написаний мовою Асемблер. Докладний опис такого корелометра зроблений у [14].

V. КОРЕЛЯТОР НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА

Маючи цілу низку переваг перед своїми попередниками цей пристрій також не позбавлений деяких недоліків. Основним з недоліків є те, що процес вимірювання інтервалів часу між вхідними імпульсами, їх накопичення, побудова КФ і відображення результатів об'єднані в одному пристрої. Для позбавлення цього недоліку було прийнято рішення відокремити процеси вимірювання і накопичення даних від процесів їхньої обробки і відображення результатів. Тім самим здійснити розпаралелювання роботи пристрою і наблизити її до режиму реального часу. Для досягнення поставленої мети був розроблений програмно-апаратний комплекс, який складається з окремого блоку вимірювання і зовнішній програми. Цей комплекс власне й виконує вимірювання КФ.

До задач розробленого окремого блоку з вбудованим мікроконтролером є вимірювання і накопичення даних з наступною передачею їх через інтерфейс USB у персональний комп'ютер. Останній виконує обробку одержаних даних, відображення результатів вимірювання КФ і управляє роботою блоку. В даній розробці блок вимірювання і накопичення даних містить три основних елемента:

- мікросхема EP1C3T144C8N – програмувальна вентиля матриця FPGA-Cyclone I 291 LABs 104 IOs фірми Altera (далі “ПЛІС”);
- мікросхема STM32F103C8T6 – 32-бітний мікроконтролер архітектури ARM (удосконалена RISC-машина) фірми STMicroelectronics (далі “мікроконтролер”);
- мікросхемі A43P26161 – синхронна динамічна пам'ять SDRAM обсягом 8 МіБ фірми AMICtechnology (далі “пам'ять”).

Вибір такої елементної бази обумовлювався багатьма функціональними можливостями мікросхем, іноді значно перевищуючими характеристики, які необхідні для створюваного пристрою, їхньою розповсюдженістю і, не в останню чергу, доволі низкою вартістю. Не використані на сьогодні можливості елементів можуть стати у користь при подальшій модернізації пристрою.

Власне робота з вимірювання часових інтервалів виконується мікросхемою ПЛІС, тобто практично на логічних елементах з малим часом затримки і без застосування програми. При цьому ПЛІС сконфігурована так, що є два 32-бітні регістри зберігання, 32-бітний лічильник і 32-бітна схема вирахування. Функціональна схема цієї частини ПЛІС наведена на рис. 1. На рисунку позначені: P3_1, P3_2 – регістри збереження, L – лічильник, T1 – тактові імпульси, V1 – послідовність вхідних імпульсів, CB – схема вирахування, PB – результат вимірювання.

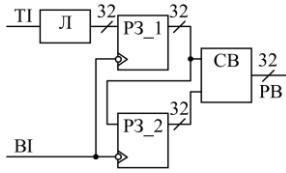


Рис. 1. Функціональна схема блоку вимірювання часу

Лічильник зі змінним коефіцієнтом лічення постійно підраховує імпульси від убудованого в ПЛІС модуля з фазовим автопідстроюванням частоти (ФАПЧ), працюючого в режимі множення частоти. Частота зовнішнього тактового генератора дорівнює 25 МГц, а максимальний множник ФАПЧ є 8, тому мінімальний вимірюваний інтервал часу складає 5 нс. Коефіцієнт множення в широких межах може змінюватись по командам від зовнішньої програми.

Вимірний в такий спосіб часовий інтервал запам'ятовується у пам'яті блоку і в подальшому, по запиту від програми, передається у комп'ютер для обробки. Контролер управління синхронною динамічною пам'яттю також виконаний за рахунок завдання логічних зв'язків частини вентилів матриці ПЛІС.

Вбудований в блок мікроконтролер виконує функції управління шиною USB з боку апаратної частини, звернення до пам'яті в режимі прямого доступу (ПДП) і передачу її вмісту до комп'ютера. В зворотному напрямку мікроконтролер одержує від комп'ютера команди управління блоком, перетворює і, знову ж таки в режимі ПДП, записує їх в управляючі регістри ПЛІС. Додатково мікроконтролер виконує функції контролю системи живлення блоку, а також масу іншої роботи з загального керування функціонуванням блоку вимірювання.

Для перевірки правильності роботи програмно-апаратного комплексу було проведено його ретельне тестування. На наступних рисунках комп'ютера наведені деякі результати таких випробувань (КФ ненормовані).

На рис. 2 тривіальний випадок КФ прямокутних імпульсів з постійними частотою і скважністю. Розширення піків на великих часах обумовлено флуктуаціями скважності.

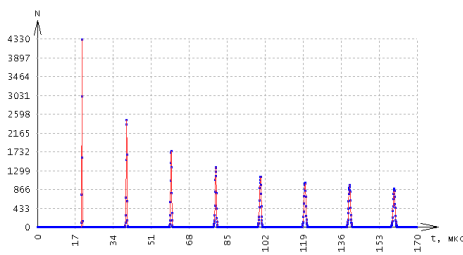


Рис. 2. КФ для послідовності П-образних імпульсів

Ще один тривіальний випадок – ненормована КФ білого світла. Цілком очікувана горизонтальна лінія на часовому інтервалі до 10 мкс (рис. 3).

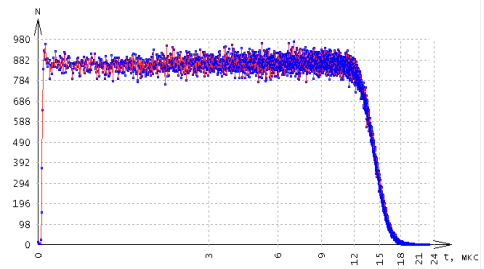


Рис. 3. КФ $G^{(2)}(\tau)$ білого світла з часовим розрешенням 5 нс на канал

Трохи несподіваний випадок – КФ для випромінювання одномодового лазера (рис 4). Замість горизонтальної лінії спостерігається наявність періодичного імпульсного сигналу з частотою приблизно 20 кГц, що відповідає частоті імпульсного блоку живлення лазера.



Рис. 4. КФ випромінювання лазера ГЛ – 78

КФ білого світла з деяким відхиленням від горизонтальної лінії на малих часах (рис. 5) пояснюється використанням фотопомножувача з виснаженим фотокатодом.

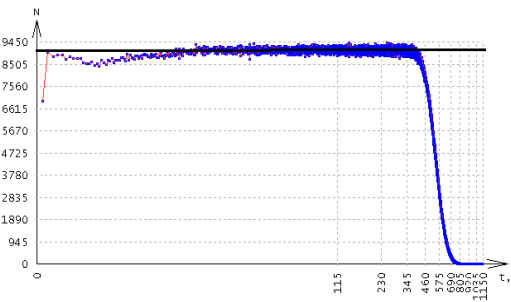


Рис. 5. КФ білого світла при використанні фотопомножувача з виснаженим фотокатодом

VI. ВИСНОВКИ

В результаті роботи створений програмно-апаратний корелометр на базі мікроконтролера архітектури ARM і ПЛІС. В корелометрі відокремлені процеси накопичення і обробки інформації, що дозволяє виконувати

вимірювання в режимі реального часу. Процес накопичення виконується апаратно, а обробка – програмно в паралельному режимі. Проведено тестування пристрою, яке засвідчило його працездатність і відповідність вимогам, які до нього пред’являлися.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] С. А. Ахманов, Ю. Е. Дьяков, А. С. Чиркин, Введение в статистическую радиофизику и оптику. Москва, СССР: Наука, 1981. 640 с.
- [2] С. В. Оливер “Методы корреляционной спектроскопии,” в *Спектроскопия оптического смещения и корреляция фотонов*. Москва, СССР: Мир, 1978. С. 146–220.
- [3] A.T. Forrester, “Single-interval statistics of light scattered by identical independent scatterers” in *Journ. Opt. Soc. Amer.*, №51, pp. 253–260, 1961.
- [4] Е. Джейкман “Корреляция фотонов,” в *Спектроскопия оптического смещения и корреляция фотонов*. Москва, СССР: Мир, 1978. С. 71–145.
- [5] М. Бертолотти “Статистика фотонов,” в *Спектроскопия оптического смещения и корреляция фотонов*. Москва, СССР: Мир, 1978. С. 46–70.
- [6] R. J. Glauber “Coherent and Incoherent States of the Radiation Field,” in *Phys. Rev.* no 131, pp. 2766–2788, 1963.
- [7] J. H. Van Vleck, D. “Middleton The Spectrum of Clipped Noise,” in *Proc. IEEE* no 54, pp. 2–19, 1966.
- [8] Malvern Panalytical - Material Analysis and Biophysical Characterization Technology [Online]. Available: <https://www.malvernpanalytical.com/en/>
- [9] Томас, Лам, Кеннет “Измерение спектра последовательности наносекундных импульсов,” в *Приборы для научных исследований*, no 10, С. 85–91, 1983.
- [10] Ю. Ф. Кияченко, И. Е. “Юдин Применение микроэвм “Электроника 60” для измерения спектров низкочастотных сигналов,” в *ИТЭ*, №4, С. 218–220, 1978.
- [11] А.С. 1171805 СССР, МКИ G 06 F 15/336. Коррелометр для случайных импульсных сигналов / Б.И. Солдатов, В.Б. Рольшиков, В.Г. Заремба(СССР). №3594642/24-24; Заявлено 24.05.83; Опубл. 07.08.85, Бюл. №29.– 4 с.
- [12] Б. И. Солдатов, В. Б. Рольшиков “Коррелометр на основе анализатора импульсов,” в *ИТЭ*, № 6, С. 90–92, 1985.
- [13] F. Devidson, L. Mandel “Photoelectric Correlation Measurements with Time-to-Amplitude Converters,” in *J. Appl. Phys.* vol. 39, no 1. pp. 62–66, 1968.
- [14] В. Я., Гоцульский, В. Е. Чечко, В. Г. Заремба “Коррелометр для случайных импульсных сигналов,” в *ИТЭ*, № 2, С. 161–162, 1997.

A Limit of Digitalization in 5G Technology Period

Andrzej Rychlik
Institute of Information Technology,
Lodz University of Technology
Łódź, Poland
andrzej.rychlik@p.lodz.pl

Предел Дигитализации в Период Технологии 5G

Анджей Рычлик
Институт Информатики
Лодзинский Технический Университет
Лодзь, Польша
andrzej.rychlik@p.lodz.pl

Abstract— For data transmission in 5G there is a lower limit of 4G LTE parameters and an upper limit of 6G parameters. We observe a tendency to measure parameters from spatial to volumetric, spectral and energy efficiency in the process of developing mobile systems. We build in infrastructure 3 types of small, medium and large cells to achieve the parameters characteristic of 5G technology. We do not use them for wireless data transmission between stationary objects in order not to degrade network parameters by increasing network traffic. Networks in the 5G technology at the initial stage interact with LTE, at the last - with 6G. The author in the work shows an evolutionary shift in the frontier of digitalization with the development of technologies from 4G to 5G and therefore 6G. We are seeing an increase in artificial intelligence and cyber security in the telecommunications infrastructure, which is being introduced for mobile digital data transmission as we move from the old to the new generation.

Аннотация—Для передачи данных в 5G есть нижний предел параметров 4G LTE и верхний предел параметров 6G. Мы наблюдаем тенденцию измерения параметров от пространственной до объемной, спектральной и энергетической эффективности в процессе разработки мобильных систем. Мы строим в инфраструктуре 3 типа малых, средних и крупных ячеек для достижения параметров, характерных для технологии 5G. Мы не используем их для беспроводной передачи данных между стационарными объектами, чтобы не ухудшать параметров сети за счет увеличения сетевого трафика. Сети в технологии 5G на начальном этапе взаимодействуют с LTE, на последнем - с 6G. Автор в работе показывает эволюционный сдвиг границы дигитализации по мере развития технологий от 4G до 5G и следовательно 6G. Мы наблюдаем рост искусственного интеллекта и кибербезопасности в телекоммуникационной инфраструктуре, которая внедряется для мобильной передачи цифровых данных при переходе от старого к новому поколению.

Keywords—*LTE, 5G, 6G, telecommunications infrastructure, limit of digitalization*

Ключевые слова—*LTE, 5G, 6G, телекоммуникационная инфраструктура, предел дигитализации*

I. INTRODUCTION

The development of telecommunications infrastructure construction technology is faster than the development of other areas of human activity, as generations that have not used this infrastructure are dying out. In their place they come a generation that cannot imagine life without access to the Internet anywhere, anytime. Additionally, you should secure the possibility to exchange data between smart objects, vehicles and implement the telemetry and telecontrol. Changing the parameters of the existing infrastructure proved insufficient to meet the demand for quantity and quality of the transmitted data. Data transfer via fixed networks is more efficient because in FTTH, fiber to the home, the carrier frequency is 10e15 Hz, and in mobile transmission it is approaching only to the frequency of 10e12 Hz [6]. As we know, the width of the transmitted bandwidth may be greater if we increase the frequency of the carrier wave. Both stationary and mobile transmission of digital data is subject to globalization. To enable mobile networks to integrate with landline networks, we change technology from LTE to 5G and then 6G in an evolutionary way. For the process to proceed in a predictable way, the old FCC, UKE, ETSI, ITU and new 3GPP organizations issue standardization documents that streamline the globalization process of digital data transmission [8].

II. RESEARCH METHOD

The current 4G and LTE cellular networks have gone through a long evolutionary path to meet the growing expectations of telecommunications market participants. To a

limited extent, we can forecast the limits of digitization of new generations based on knowledge and experience gained in the past. Changes in mobile telecommunications technology were taking place more or less every decade. We make the assumptions made in this way based on the experience gained from the implementation of pilot installations in selected cities, university campuses, airports, stadiums, highways, and ships. The implementation technique is as follows. If the network in a small area meets the planned parameters, it is built in a larger area. Theoretical considerations are conducted in accordance with the rules developed by the development of mathematics, physics and medicine. The most unpredictable and difficult to model is the economic side of mobile network development. We cannot predict the purchase price of carrier waves by telecoms, because governments announce the proposition to determine it. We cannot predict how many people will use the net for profit, and how much for pleasure. We most likely forecast that ensuring secure data transfer will generate higher costs in each newer generation.

III. 1G

The first radio networks operating on the basis of the division of cells, which are areas controlled by different base stations, built in the early 80s of the last century. 1G cellular system was not compatible with each other. The 1G system initially used the 450 MHz band, but after reaching its maximum capacity its modernized version using the 900 MHz band was launched. 450 MHz band provided the good coverage of the radio signal of a large area within a single cell. In this way, the cellular network providing services along the coast, highway, or in the vast rural areas require fewer cells than in the higher radio frequency bands. On the other hand, the cell capacity counted by the number of simultaneously serviced subscribers remained unchanged, which in areas with high population density resulted in the lack of access to services along with the growing number of subscribers. For this reason, operators have also begun to implement a version that uses the 900 MHz band, forming cells with smaller sizes. 1G network used the principle of FDMA, frequency division multiple access. This means that at the time of the call terminal receives a channel for the exclusive use of a segment in the radio frequency band, generally 25 or 30 kHz. This method of use of the radio channel was ineffective because it was occupied for the duration of the entire call, regardless of whether the user is talking or silent. With the increasing number of telephone calls initiated by subsequent users, the capacity of the base station was exhausted, because the number of radio channels per base station remained unchanged.

IV. 2G

At the core of the development of second-generation mobile network 2G or GSM, the Global System of Mobile Communications laid your goal, the network allowed to use the services of a much larger number of users than ever before. In addition, the new standard was based on the digital transmission of the talks also guarantees much better protection against eavesdropping and better call quality. An

important improvement was also to be the compatibility of 2G networks built by various operators, and consequently the possibility of roaming users, that is, telecommunications services provided outside the home operator's network. The standard describing the functioning of the GSM system was finally developed by the European Telecommunications Standards Institute ETSI, the European Telecommunications Standards Institute in 1991. Although initially the GSM system was only intended for Europe to work in the 900 MHz band, then the 1800 MHz band was also included. For the USA, a system version was developed that works also in the 1900 MHz band. Unlike the 1G network, in the 2G system, the information sent is previously digitized. This allowed the use of mechanisms that reduced the amount of information and how they were transmitted by the user in the radio channel. The first mechanism is the compression of the voice, thanks to which digital recording corresponding to the conversation transmitted in the radio channel requires less data to be transmitted than in the case of an uncompressed signal. This procedure, although it leads to a decrease in the quality of the telephone connection noticed by users, significantly reduces the load on the radio channel. The second mechanism consists in dividing the digital signal broadcast by users into fragments and then their cyclical transmission in the radio channel. This takes place in time slots, which are periodically repeating transmission windows in which a given user sends or receives data. The use of this access method, known as TDMA, Time Division Multiple Access, has allowed to significantly increase the number of users using radio access in a given frequency band. Further work on the development of the 2G standard resulted in the 1997 specification of the GSM system under the name Phase 2+, which included HSCSD data transfer technologies, High Speed Circuit Switched Data, GPRS, General Packet Radio Service, EDGE, and Enhanced Data rates for GSM Evolution. The former technology used the same radio channels that were used in the GSM system for voice transmission. This meant that these channels are occupied for the entire duration of the connection, even when the data is not transmitted. Newer technologies: GPRS and EDGE, often referred to as the 2.5 G network, introduced into the 2G network packet switched transmission, one in which users send and receive packet data, sharing physical channels among themselves. The consequence of using this type of transmission is also another tariffing rule, based on the volume of transmitted data, and not for the duration of the connection, when the data was transmitted, as was the case with HSCSD technology [6].

V. 3G

Introduced by operators in the first years of this century, the third generation of cellular systems used the 2.5G network concept in the field of packet data transmission, but unlike the GSM system, the 3G system would immediately provide various services: audio and video transmission and packet data transmission. As a consequence, it meant the need to expand the backbone network connecting base stations. However, the biggest changes compared to the 2G network were introduced in the radio part. ITU, International Telecommunication Union, as an organization established in

order to standardize and regulate the telecommunications and radio-communications market in the world, has allocated to use in 3G networks the frequency bands: 790-960 MHz, 1710-2025 MHz, 2110-2200 MHz, 2300-2400 MHz and 2500-2600 MHz, some of which were used by GSM systems. In 3G networks, a radio access method other than GSM has been used, which enables the service of even more users and offers a higher data transmission speed. Although it was not possible to create a globally uniform 3G system, a system family called IMT-2000 was defined that could work together and offer similar capabilities. It also included the UMTS standard, Universal Mobile Telecommunications System proposed by ETSI and implemented in the majority operators in the world. Patrons of this and subsequent development the standards of mobile networks were covered by the 3GPP, 3G Partnership Project, which brings together the largest standardization organizations in the world of telecommunications.

VI. 4G

The progressive development of Internet services has placed increasing demands on the efficiency of data transmission. As a result, the further development of cellular technologies has focused on developing a standard that improves the speed and reliability of data transmission, based on the existing 3G network infrastructure. As a result, at the end of 2008, the 3GPP consortium developed the first version of the 4G LTE standards, Long Term Evolution, operating initially in the 1800 MHz band with channel band widths from 1.4 MHz to 20 MHz, which included improved coding, optimized data rates and better performance. In addition to the increased transfer capabilities, the 4G LTE standard is characterized by the rare occurrence of stoppages and transfer errors and a significantly shorter response time to 3G. The transmission in the 4G network supports speeds up to 150 Mbps in the case of data transmission to the end user, and sending packets at speeds up to 50 Mbps. Due to this, the 4G LTE network enables users to quickly access the Internet wirelessly, personalized telephony and provides the possibility of using mobile broadband applications for mobile phones, laptops and other electronic devices. Many foreign and domestic operators have implemented mechanisms extending the capabilities of LTE technology in their networks. LTE-Advanced technology, using the so-called aggregation of bands, connection of several carrier frequencies into one channel with a greater width, enables reaching the data download speed even up to 1 Gbps and sending up to 500 Mbps [3].

VII. 5G

Using the new technical solutions, the 5G network meets the growing demands of users, including the growing number of devices, as well as the quality requirements imposed by the applications. It is a development of today's 4G network and is characterized by solutions that allow both to handle the fast-growing amount of data transferred, as well as to meet the need for data exchange between the growing numbers of devices of the Internet of Things [10]. As in the case of each

of the next generation networks implemented so far, it is assumed here that until the coverage and possibilities offered by the existing cellular network are provided, the 5G network will initially function together with the existing networks. In addition to the existing areas of use of cellular networks, in the case of the emerging 5G network, three scenarios are foreseen applications that will be particularly important to users, while at the same time differentiating this network from networks of previous generations. Extended mobile broadband Internet access eMBB, enhanced Mobile Broadband, which provides quick access to 1 Gb Internet and will be the main feature distinguishing this generation of networks from previous ones, especially at the initial stage of its implementation. Using this advantage of 5G, the efficiency and quality of communication in society will increase. As the flagship potential use case for 5G, it will include services based on delivering high-definition multimedia, attractive forms of communication, video and enhanced conversation, and virtual reality, as well as smart city services, material transfer from high-resolution cameras. The second area is based on mMTC, massive Machine Type Communications, under which 5G will offer to connect to the mobile network a very large number of devices with low power consumption, referred to as IoT, Internet-based devices. By using a cellular network for communication, these devices exchange data in an asynchronous manner. In this scenario, it is assumed that many types of devices may be included, but their common feature is the sporadic use of the cellular network and the exchange of small data volumes. URLLC Ultra-Reliable Low Latency Communications will be a technology providing minimum 1-ms delay, which will enable data exchange via a cellular network for critical applications such as drones control. In previous generations of cellular networks, the achieved delay values were longer and amounted to about 100 ms in the 3G network, and in 4G LTE - about 30 ms. The most important new 5G technology solutions in the field of radio network include technologies such as: Massive MIMO, Massive Multiple Input, Multiple Output, radio beam shaping, Multi-RAT, Multi-Radio Access Technology [5]. While in the previous solutions sector antennas were most often used, in 5G networks antennas in Massive MIMO technology will be used. It is an extension of MIMO technology, which is currently used in the LTE-Advanced network. In MIMO technology, each antenna consists of several elements, which allows for a more stable transfer and allows to achieve a higher data transfer rate, and at the same time enables the service of more users in the area of a single cell. In turn, Massive MIMO assumes the use of antennas with a much larger number of components (e.g. 64×64), which will significantly increase the efficiency of communication in the serviced area. Another element allowing increasing the efficiency of radio transmission in 5G networks is the use of radio beam shaping. Beam shaping is a technology that allows, using antennas in Massive MIMO technology, to direct the radio signal only towards the receiving device and not to disperse in all directions. This technology uses advanced signal processing algorithms to determine the best route of a radio signal reaching the user. This increases transmission efficiency because the signal susceptibility to interference is reduced caused by the

interference phenomenon, i.e. the overlapping of radio waves. The use of Multi-RAT technology, i.e. radio multiple access, will allow users, depending on their requirements, as well as the current network load, to be able to automatically connect using the optimal interface / interfaces at the moment (e.g. Wi-Fi, 4G, 3G). The use of new technological solutions in the 5G radio network requires the development of antenna infrastructure and the construction of new antenna installations. They will use new, higher frequency bands, while serving smaller cells. Thus, the power necessary to transmit signals using these devices will be correspondingly smaller, as in the case of end devices, e.g. smartphones [1].

VIII. 6G

The digitization limit for 5G technology in the direction of 6G is exceeded in the following points:

- **More Bits, More spectrums, More Reliability:** Most of the applications of 6G require higher bit rates than 5G. To cater for applications such as XR, eXtended reality and BCI, Brain Computer Interaction 6G must deliver yet another 10^3 times increase in data rates yielding a target of around 1 Tbps. This motivates a need for more spectrum resources, hence motivating further exploration of frequencies beyond sub-6 GHz. Meanwhile, the need for higher reliability will be pervasive across most 6G applications and will be more challenging to meet at high frequencies [9].
- **From Spatial to Volumetric Spectral and Energy Efficiency:** 6G must deal with ground and aerial users, encompassing Smartphone and XR/BCI devices along with flying vehicles. This 3D nature of 6G requires an evolution towards a volumetric rather than spatial bandwidth definition. We envision that 6G systems must deliver SEE, high spectral and energy efficiency requirements measured in bps/Hz/m³/J. This is a natural evolution that started from 2G bps to 3G bps/Hz, then 4G bps/Hz/m² to 5G bps/Hz/m²/J.
- **Emergence of Smart Surfaces and Environments:** Current and past cellular systems used base stations (of different sizes and forms) for transmission. We are currently witnessing a revolution in electromagnetically active surfaces (e.g., using met materials) that include man-made structures such as walls, roads, and even entire buildings. The use of such smart large intelligent surfaces and environments for wireless communications will drive the 6G architectural evolution.
- **Massive Availability of Small Data:** The data revolution will continue in the near future and shift from centralized, big data, towards massive, distributed small data. 6G systems must harness both big and small datasets across their infrastructure to enhance network functions and provide new services. This trend motivates new machine learning and data analytics techniques that go beyond classical big data.

- **From SON, Self-Organizing Networks to SSN, Self-Sustaining Networks:** SON has only been scarcely integrated into 4G/5G networks due to a lack of real world need. However, CRAS, Connected Robotics and Autonomous System and DLT, Distributed Ledger Technologies motivate an immediate need for intelligent SON to manage network operations, resources, and optimization. 6G will require a paradigm shift from classical SON, whereby the network merely adapts its functions to specific environment states, into SSN that can maintain its KPIs, key performance indicators, in perpetuity, under highly dynamic and complex environments stemming from the rich 6G application domains. SSNs must be able to not only adapt their functions but to also sustain their resource usage and management (e.g., by harvesting energy and exploiting spectrum) to autonomously maintain high, long-term KPIs. SSN functions must leverage the recent revolution in AI, artificial intelligence technologies to create AI-powered 6G SSNs [7].
- **3CLS, Convergence of Communications, Computing, Control, Localization, and Sensing:** The past five generations of cellular systems had one exclusive function: wireless communications. However, the convergence of various technologies requires 6G to disrupt this premise by providing multiple functions that include communications, computing, control, localization, and sensing.
- **We envision 6G as a multi-purpose system that can deliver multiple 3CLS services which are particularly appealing and even necessary for applications such as XR, CRAS, and DLT where tracking, control, localization, and computing are an inherent feature.** Moreover, sensing services will enable 6G systems to provide users with a 3D mapping of the radio environment across different frequencies. Hence, 6G systems must tightly integrate and manage 3CLS functions.
- **End of the Smartphone Era:** Smartphones were central to 4G and 5G. However, recent years witnessed an increase in wearable devices whose functionalities are gradually replacing those of smartphones. This trend is further fueled by applications such as XR and BCI. The devices associated with those applications range from smart wearables to integrated headsets and smart body implants that can take direct sensory inputs from human senses; bringing an end to Smartphone and potentially driving a majority of 6G use cases [2].

IX. CONCLUSION

Note the SEE parameter, Spectral and Energy Efficiency, which best describes the change in the approach to the digital border for subsequent generations of cellular data transmission. We have for 2G-bps, 3G-bps/Hz, 4G-bps/Hz/m², 5G-bps/Hz/m²/J, 6-Gbps/Hz/m³/J. We do not have generations in fixed networks, because these networks

already have 10^3 times more bandwidth, because in FTTH, the frequency of the carrier wave is 10^{15} Hz and in mobile networks 6G only 10^{12} . Another difference is that in comparison to mobile networks, landlines have access to an unlimited amount of energy, and in mobile we must always remember to minimize its consumption.

REFERENCES ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.gov.pl/web/5g/biala-ksiega>
- [2] W. Saad, M. Bennis, M. Chen, "A Vision of 6G Wireless Systems: Application, Trends, Technologies and Open Research Problems", <https://www.researchgate.net/publication/331396903>
- [3] „Inteligentne miasta na progu technologii 5G”, praca nr 08.10.1.03.7, Instytut Łączności, grudzień 2017 r.
- [4] „Wpływ nowoczesnych technologii na rozwój sieci 5G”, praca 08.10.1.03.01.7, Instytut Łączności, 2017 r.
- [5] „Strategia 5G dla Polski”, wydawnictwo Ministerstwa Cyfryzacji, styczeń 2018 r.
- [6] „Narodowy plan szerokopasmowy”, wydawnictwo Ministerstwa Cyfryzacji, styczeń 2018 r.
- [7] „Założenia do strategii AI w Polsce”, wydawnictwo Ministerstwa Cyfryzacji, listopad 2018 r.
- [8] spectrum.ieee.org/telecom/wireless/3gpp-release-15-overview.
- [9] A. Rychlik, "Social Consequence of Dissemination of Telecommunication Infrastructure in 5G Technology", Proceedings of the XX International Scientific Practical Conference "Modern Information and Electronics Technologies", 27-31 may, 2019, Odessa, p. 58-59.
- [10] <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/polska-przyszlosci-to-polska-z-internetem-rzeczy>

Количественная Оценка Предпочтений При Выборе Многокритериальных Решений

Валерий Семенец
ректор,
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Харьков, Украина
valery.semenets@nure.ua

Владимир Безкоровайний
кафедра системотехники,
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Харьков, Украина
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Quantifying Preferences in Choosing Multiple Criteria Decisions

Valery Semenets
Rector
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
valery.semenets@nure.ua

Volodymyr Beskorovainyi
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Аннотация—Рассмотрен подход к решению общей задачи количественной оценки предпочтений при выборе многокритериальных решений. В рамках технологии компараторной идентификации предложено решение задачи для модели на основе полинома Колмогорова-Габора с использованием универсальной функции полезности частных критериев.

Abstract—An approach to solving a general problem of quantitative estimation of preferences when choosing multi criteria solutions is considered. As part of the comparative identification technology, a solution is proposed for a model based on the Kolmogorov-Gabor polynomial using the universal utility function of partial criteria.

Ключевые слова—многокритериальное оценивание, синтез модели, функция полезности частных критериев, функция общей полезности.

Keywords—multicriteria estimation, model synthesis, utility function of partial criteria, general utility function.

I. ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач, возникающих в процессах проектирования и управления объектами в различных сферах человеческой деятельности, является задача многокритериального оценивания и выбора решений. Выбор среди небольшого количества альтернатив реализуется лицом, принимающим решения (ЛПР). В автоматизированных системах проектирования и управления такой выбор

осуществляется среди огромного количества альтернатив с использованием математических моделей, позволяющих получать количественные оценки качества вариантов. Формализация процессов оценивания и выбора позволяет на практике совершенствовать существующие и создавать новые более эффективные системы поддержки принятия решений (СППР).

При этом, наибольший интерес, как в теоретическом, так и в практическом плане представляют задачи выбора вида, структуры и параметров моделей многокритериального оценивания [1–2].

II. ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ

В основе современных технологий принятия решений лежит парадигма максимизации полезности. Считается, что ЛПР, при выборе вариантов из множества допустимых $x \in X$ приписывает им некоторую полезность (ценность) $P(x)$, количественные значения которой и определяют его выбор [3–4]:

$$x^o \in X : \forall x, y \in X : x \sim y \leftrightarrow P(x) = P(y) ;$$

$$x \succ y \leftrightarrow P(x) > P(y) ; x \succeq y \leftrightarrow P(x) \geq P(y) ,$$

$$x^o = \arg \max_{x \in X} P(x) .$$

Предпочтения ЛПП на множестве альтернатив $X = \{x\}$ задаются с помощью множества бинарных отношений эквивалентности, нестрогого или строгого предпочтения:

$$R_E(X) = \{(x, y) : x, y \in X, x \sim y\},$$

$$R_{NS}(X) = \{(x, y) : x, y \in X, x \succsim y\},$$

$$R_S(X) = \{(x, y) : x, y \in X, x \succ y\}$$

и представляются порядком одного из видов [5]:

$$R^o(X) = x^o \succ x_i \succ x_j \succ \dots \succ x_n, \quad (1)$$

$$R^o(X) = x^o \succ x_i \sim x_j \sim \dots \succ x_n, \quad (2)$$

$$R^o(X) = x^o \succsim x_i \succsim x_j \succsim \dots \succsim x_n. \quad (3)$$

Для количественной оценки предпочтений ЛПП требуется определение метрики в виде функции обобщенной полезности (ФОП) $P(x)$, позволяющей ранжировать альтернативы $x \in X$, формируя порядки вида (1), (2) или (3). ФОП формируются на основе функций полезности частных критериев (ФПЧК) $\xi_i(k_i(x))$, $i = \overline{1, m}$ (где m – количество частных критериев). Модели многофакторного оценивания и выбора решений $x \in X$ (где X – множество допустимых решений) в рамках кардиналистической теории строятся на основе аддитивных, мультипликативных или смешанных ФОП. При этом наиболее распространенными являются ФОП, представляющие аддитивные свертки нормированных частных критериев, а наиболее универсальными – построенные на основе полинома Колмогорова-Габова [4–5]:

$$P(x, q) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i(x), \quad (4)$$

$$P(x, q) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i(x) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=i}^m \lambda_{ij} \xi_i(x) \xi_j(x) + \dots + \sum_{i=1}^m \sum_{j=i}^m \sum_{l=j}^m \lambda_{ijl} \xi_i(x) \xi_j(x) \xi_l(x) + \dots, \quad (5)$$

где q – вектор параметров модели; m – количество частных критериев; $\lambda_i, \lambda_{ij}, \lambda_{ijl}$ – весовые коэффициенты

частных критериев и их произведений; $\xi_i(x), \xi_j(x), \xi_l(x)$ – функции полезности частных критериев (ФПЧК) $k_i(x), k_j(x), k_l(x)$.

Функции полезности частных критериев $\xi_i(x), \xi_j(x), \xi_l(x)$ в этом случае рассматриваются как функции принадлежности размытому множеству «лучший вариант» по частным критериям $k_i(x), k_j(x), k_l(x)$. Они реализуют отображения $\xi_i : k_i(x) \rightarrow E^1, i = \overline{1, m}$, должны быть универсальными и хорошо приспособленными к учету особенностей конкретных ситуаций многокритериального выбора [4]: быть монотонными и безразмерными; иметь единый интервал изменения (от 0 до 1); быть инвариантными к виду экстремума частного критерия (*min* или *max*); позволять реализовать как линейные, так и нелинейные зависимости от характеристик вариантов.

Вектор параметров q для каждого из видов моделей $P_\delta(x, q)$, $\delta \in \Delta$ (где Δ – множество допустимых видов моделей) включает параметры ФПЧК, весовые коэффициенты частных критериев и адаптационные параметры ФОП. Размерность и состав вектора q определяется выбранными видами ФПЧК $\xi_i(x)$, $i = \overline{1, m}$ и ФОП $P_\delta(x, q)$.

В виду сложности задачи синтеза ФОП производится ее декомпозиция на комплекс задач: структурного и параметрического синтеза.

Особенностью процессов синтеза моделей многофакторного оценивания является то, что оценки и решения ЛПП или эксперта имеют качественный или приближенный количественный характер. Для определения весовых коэффициентов частных критериев используются методы ранжирования, парных сравнений, множественных сравнений, непосредственной оценки, Черчмена-Акоффа, Терстоуна, Неймана-Моргенштерна, анализа иерархий [6]. Ввиду сложности этих методов и невысокой точности оценки параметров в качестве альтернативы экспертному оцениванию в настоящее время все чаще используется технология компараторного синтеза моделей многокритериального оценивания [4, 5, 7].

Целью является решение задачи структурно-параметрического синтеза моделей скалярного многокритериального оценивания на основе выявляемых предпочтений ЛПП или экспертов.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения задачи количественного моделирования предпочтений ЛПП при выборе

многокритериальных решений используем общую схему метода компараторной идентификации (рис. 1) [5] и эффективные по показателям точности и сложности ФПЧК в виде склейок [8–9]:

$$\xi(x) = \begin{cases} \bar{a} \cdot \left(\frac{\bar{k}_i(x)}{\bar{k}_a} \right)^{\alpha_1}, & 0 \leq \bar{k}(x) \leq \bar{k}_a; \\ \bar{a} + (1 - \bar{a}) \cdot \left(\frac{\bar{k}(x) - \bar{k}_a}{1 - \bar{k}_a} \right)^{\alpha_2}, & \bar{k}_a < \bar{k}(x) \leq 1, \end{cases} \quad (6)$$

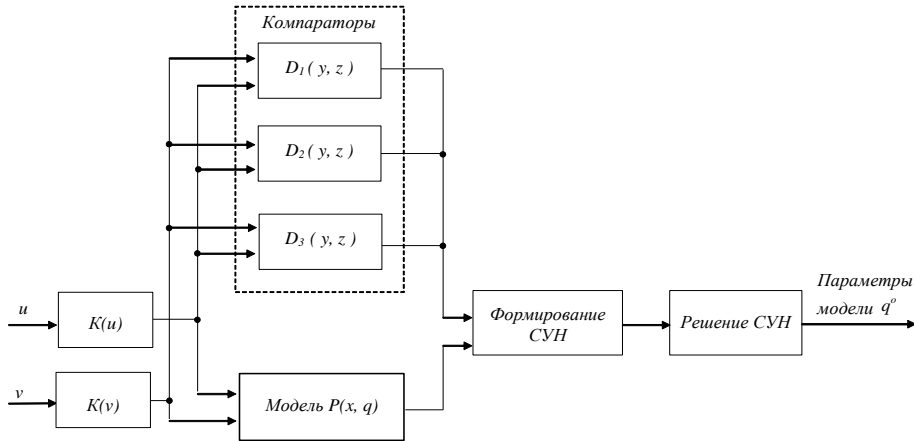


Рис. 1. Схема компараторной параметрической идентификации ФОП.

ЛПР предъявляется пара альтернатив $u, v \in X$, свойства которых характеризуются множеством частных критериев $K(x) = [k_i(x)]$, $i = \overline{1, m}$. На основе значений $K(u)$ и $K(v)$ в сознании ЛПР формируются неизмеряемые оценки об их относительной ценности $y = \varphi[K(u)]$ и $z = \varphi[K(v)]$. Исходя из субъективных представлений о ценностях $y = \varphi[K(u)]$, $z = \varphi[K(v)]$ пары альтернатив $u, v \in X$ ЛПР относит ее к одному из бинарных отношений: эквивалентности $R_E(X)$, строгого $R_S(X)$ или нестрогого предпочтения $R_{NS}(X)$. Компараторы реализуют предикаты, соответствующие бинарным отношениям $R_E(X)$, $R_S(X)$ и $R_{NS}(X)$. По их значениям на основе функции (5) формируются системы уравнений и (или) неравенств (СУН):

$$P(u, q) = P(v, q), \quad u, v \in R_E(X), \quad (8)$$

$$P(u, q) \geq P(v, q), \quad u, v \in R_{NS}(X), \quad (9)$$

$$P(u, q) > P(v, q), \quad u, v \in R_S(X). \quad (10)$$

$$\bar{k}(x) = \frac{k(x) - k^-}{k^+ - k^-}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (7)$$

где \bar{k}_a , \bar{a} - нормированные значения координат точки склейки функции, $0 \leq \bar{k}_a \leq 1$, $0 \leq \bar{a} \leq 1$; α_{1i}, α_{2i} - коэффициенты, определяющие вид зависимости на начальном и конечном отрезках функции; $k(x)$, k^+ , k^- - значение частного критерия для варианта x , наилучшее и наихудшее значения критерия $k_i(x)$.

Полученные системы уравнений и неравенств дополняются ограничениями на значения параметров весовых коэффициентов частных критериев. В общем случае, при непротиворечивости предпочтений ЛПР, полученные расширенные СУН (8)–(10) могут иметь бесчисленное множество решений. Для получения единственного решения выполняется их регуляризация.

Для повышения точности моделей многофакторного оценивания предлагается совместное решение задач определения параметров ФПЧК [8–9] и весовых коэффициентов частных критериев на множестве моделей-претендентов (5).

Выбор вида модели (5) и наилучших значений ее параметров $q_\Lambda = [\lambda_i, \lambda_{ij}, \lambda_{ijl}]$ может быть проведен по критерию минимума погрешности восстановления предпочтений ЛПР (1)–(3). Для определения единственного решения на системах предпочтений вида (1) предлагается выполнить регуляризацию этой задачи по критерию максимума минимальной разности модуля значений ФОП смежных альтернатив $x_j, x_{j+1} \in R_S(X)$:

$$F_S(q) = \min_{1 \leq j \leq n-1} \{P(x_j, q) - P(x_{j+1}, q)\} \rightarrow \max_{q \in Q}, \quad (11)$$

где $n = \text{Card } R_S(X)$ - мощность выделенного множества бинарного отношения строгого

предпочтения; Q - множество допустимых значений параметров модели.

Для отношения эквивалентности $R_E(X)$ в качестве критерия предлагается использовать минимум суммы модулей разности значений ФОП

$$F_E(q) = \sum_{j=1}^{n-1} |P(x_j, q) - P(x_{j+1}, q)| \rightarrow \min_{q \in Q} \quad (12)$$

Для предпочтений ЛПП вида (2) необходимо предварительно выделить бинарные отношения строгого предпочтения $R_S(X)$ и эквивалентности $R_E(X)$. Тогда в качестве критерия идентификации можно использовать соотношение вида:

$$F(q) = F_E(q) + \frac{1}{F_S(q)} \rightarrow \min_{q \in Q} \quad (13)$$

где $F_E(q)$, $F_S(q)$ - наилучшие значения критериев (10) и (9) для определенных ЛПП на множестве альтернатив $X = \{x\}$ отношений эквивалентности $R_E(X)$ и строгого предпочтения $R_S(X)$.

Суть метода решения общей задачи синтеза моделей многокритериального оценивания состоит в следующем.

Предварительно на заданном множестве альтернатив $X = \{x\}$ по известным значениям их критериальных характеристик $K(x) = \{k_1(x), k_2(x), \dots, k_m(x)\}$ выделяется подмножество эффективных $X^K \subseteq X$. С этой целью в зависимости от свойств множества альтернатив $X = \{x\}$ могут быть использованы методы, существенно различающиеся по временной сложности [10].

Затем итерационно формируются значение координат вектора весовых коэффициентов частных критериев $q_\Lambda = [\lambda_i, \lambda_j, \lambda_{ij}]$, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{i, m}$, $l = \overline{j, m}$, значения параметров ФПЧК $q_\Xi = [\overline{k_{ia}}, \overline{a_i}, \overline{\alpha_{1i}}, \overline{\alpha_{2i}}]$, соответствующее им значение используемой ФОП (5) и реализуется схема экстремизации используемого критерия (9) или (10).

В зависимости от требований к точности решений, имеющихся временных и вычислительных ресурсов для реализации схемы поиска вектора $q_\Lambda = [q_\Lambda, q_\Xi]$ предлагается использовать один из методов: сеток, случайного поиска, эволюционного поиска, оптимизации по парам координат и их модификации.

Предложенный метод решения общей задачи количественной оценки предпочтений при выборе многокритериальных решений апробирован, показал свою работоспособность и эффективность на контрольных примерах. При решении контрольных задач были определены вектора параметров $q_\Lambda = [q_\Lambda, q_\Xi]$, обеспечивающие полное восстановление исходных предпочтений ЛПП в виде

бинарного отношения $R_S(X^K) R^o(X^K)$ (1).

IV. ВЫВОДЫ

Получил дальнейшее развитие подход компараторной идентификации к решению общей задачи структурно-параметрического синтеза моделей многокритериального оценивания с использованием универсальных функций полезности частных критериев и функции общей полезности на основе полинома Колмогорова-Габора. Практическое использование результатов позволит повысить точность моделей многокритериального оценивания и выбора решений, сократить время принятия решений, повысить их качество.

Полученные результаты могут быть использованы в системах проектирования, управления, искусственного интеллекта.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Greco S., Ehrgott M., Figueira J.R. . Multiple Criteria Decision Analysis – State of the Art Surveys. New York: Springer, 2016. 1346 p.
- [2] Kaliszewski I., Kiczowski T., Miroforidis J. Mechanical design, Multiple Criteria Decision Making and Pareto optimality gap // Engineering Computations. 2016. Vol. 33(3). P. 876-895.
- [3] Малаяр М.М. Моделі і методи багатокритеріального обмежено-раціонального вибору: Монографія. – Ужгород: РА «АУТДОР-ШАРК», 2016. 222 с.
- [4] Овезгельдыев А.О., Петров Э.Г., Петров К.Э. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации. К.: Наук. думка, 2002. 164 с.
- [5] Бескорвайный В.В., Петров Э.Г., Трофименко И.В. Метод решения общей задачи компараторной идентификации моделей многофакторного оценивания // Бионика интеллекта. 2006. № 2 (65). С. 3–7.
- [6] Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении. М.: Финансы и статистика, 2003. 368 с.
- [7] Бескорвайный В.В., Трофименко И.В. Структурно-параметрична ідентифікація моделей багатфакторного оцінювання // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – № 3 (7). – С. 56 – 59.
- [8] Beskorovainyi V., Berezovskyi G. Estimating the properties of technological systems based on fuzzy sets // Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2017. № 1 (1). С. 14–20.
- [9] Beskorovainyi V., Berezovskyi G. Identification of preferences in decision support systems // ECONTECHMOD. 2017. Vol. 06. №4. P. 15–20.
- [10] Бескорвайный В.В., Замирец О.Н., Настенко С.В. Методы определения подмножеств эффективных решений при проектировании крупномасштабных объектов // Технология приборостроения. 2016. №2. С. 7–10.

Аналіз Атак У Сучасних Кіберфізичних Системах

Юрій Щербина

*кафедра автоматизованих систем та кібербезпеки
Одеська державна академія технічного регулювання і якості
Одеса, Україна
shcherbinayura53@gmail.com*

Надія Казакова

*кафедра автоматизованих систем та кібербезпеки
Одеська державна академія технічного регулювання і якості
Одеса, Україна
kaz2003@ukr.net*

Олексій Фразе-Фразенко

*кафедра автоматизованих систем та кібербезпеки
Одеська державна академія технічного регулювання і якості
Одеса, Україна
frazenko@gmail.com*

Любомир Пархуць

*кафедра захисту інформації
Національний університет "Львівська політехніка"
Львів, Україна
par7@i.ua*

Сергій Шнайдер

*кафедра захисту інформації
Національний університет "Львівська політехніка"
Львів, Україна
shnapi007@gmail.com*

Analysis Of Attacks In Modern Cyberphysical Systems

Yurii Shcherbina

*Dept. Automated Systems and Cybersecurity
Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality
Odesa, Ukraine
shcherbinayura53@gmail.com*

Nadiia Kazakova

*Dept. Automated Systems and Cybersecurity
Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality
Odesa, Ukraine
kaz2003@ukr.net*

Oleksii Frazе-Frazenko

*Dept. automated systems and cybersecurity
Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality
Odesa, Ukraine
frazenko@gmail.com*

Lubomir Parchuts

*dep. protection of information
Lviv Polytechnic National University
Lviv, Ukraine
par7@i.ua*

Sergey Schneider

*dep. Information Security
Lviv Polytechnic National University
Lviv, Ukraine
shnapi007@gmail.com*

Анотація—Кіберфізичні системи, що являють собою інтеграцію обчислювальних, мережних і фізичних процесів, дедалі ширше втілюються у критичні види інфраструктури, процеси управління суспільством та приватне життя людей. Через їх занадто велику складність, суттєво збільшується кількість уразливостей як у програмній, так і у фізичній частині обладнання, що в свою

чергу, приводить до збільшення ризиків від реалізації можливих загроз. Реалізація переважної частини кіберзагроз відбувається через інтелектуальні телекомунікаційні мережі, шляхом атак на протоколи передачі даних, інтелектуальну частину джерел даних у виконавчих механізмах систем, а також на локальні центри управління системою. Побудова адекватної вимогам

системи кібернетичного захисту передбачає ретельний підхід до вивчення архітектури і технічних особливостей кіберфізичної системи, що підлягає захисту. Як і у будь-якій реальній інженерній системі, у системах захисту кіберфізичних систем, ключову роль у справі аналізу їх динамічної поведінки відіграє моделювання внутрішніх процесів. Показано, що єдина модель кіберфізичної системи повинна на формальному рівні описувати у просторовому і часовому вимірах усі можливі зв'язки між кібернетичними і фізичним її частинами середовища функціонування та обґрунтовувати характеристики, що визначають якість її функціонування. Наведений аналіз опублікованих робіт показує, що найбільш небезпечні атаки, що використовуються порушниками безпеки у кібернетичному просторі, розділяються на атаки типу "відмова в обслуговуванні" (DoS attacks), атаки повторного відтворення (Replay attacks) і атаки обману (Deception attacks). Саме на протидії атакам цього типу зосереджуються зусилля фахівців у сфері кібернетичного захисту. Показано, що забезпечення стабільності, безпечності і надійності захисту ґрунтується на вирішенні проблеми багатоцільової оптимізації.

Abstract—Cyber-physical systems, representing the integration of computing, network and physical processes, are increasingly being implemented into critical infrastructure, processes of community management and private life of people. Due to their excessive complexity, the number of vulnerabilities in both the software and the physical part of the equipment significantly increases, which in turn leads to increased risks from the implementation of possible threats. Implementation of the overwhelming part of cyber threats occurs through intelligent telecommunication networks, attacks on data transmission protocols, intellectual part of data sources in executive mechanisms of systems, as well as local control centers of the system. The construction of adequate requirements for the system of cybernetic protection implies a careful approach to the study of the architecture and technical features of the cyberphysical system to be protected. As in any real engineering system, in systems of protection of cyber-physical systems, modeling of internal processes plays a key role in the analysis of their dynamic behavior. It is shown that the only model of the cyberphysical system is to describe at the formal level in spatial and temporal measure all possible connections between the cybernetic and physical parts of the functioning environment and to substantiate the characteristics that determine the quality of its functioning. This analysis of published works shows that the most dangerous attacks used by security breachers in cybernetic space are divided into attacks such as DoS attacks, Replay attacks and Deception attacks. It is against the attacks of this type that the efforts of specialists in the field of cybernetic defense are concentrated. It is shown that ensuring stability, security and reliability of protection is based on solving the problem of multi-purpose optimization.

Ключові слова—Кіберфізична система, кібербезпека, кібератаки, DoS-атака, атака відтворення, атака обману, атака червоточин, кіберпростір, фізичний простір.

Keywords—Cyber-physical system, Cyber-security, Cyber-Attack, DoS attack, Replay attack, Deception attacks, Wormhole attack, cyberspace, physical space.

I. ВСТУП

Використання кіберфізичних систем для підвищення ефективності управління суспільством і складними технологічними процесами, приводять до кардинальних змін у самому суспільстві. Такі системи створюють на базі інтелектуальних мереж (Smart Grid), які дозволяють суттєво підвищити ефективність автоматизації управління інфраструктурою енергопостачання, телекомунікаційних та оборонних систем та інших об'єктів стратегічного значення. Вперше Smart Grid як термін з'явився на Заході для використання опису усього, що мало відношення до автоматизації, контролю і управління складовими частинами систем енергопостачання [1]. Сьогодні термін Smart Grid використовується у тих областях, де запроваджуються системи збору та обробки інформації, та моніторингу стану обладнання у великих складних системах [2]. Одночасно із перевагами, що несе із собою цифровізація суспільного життя, виробництва і бізнесу, зростає загроза використання цифрових систем для втручання у сферу чужих інтересів із зловмисними цілями. Через це, зростає необхідність дослідження питань, пов'язаних із реагуванням на події у середовищі експлуатації, що пов'язані із відновленням ресурсів, контролем безпеки та автоматизацією.

Використання кіберфізичних систем передбачає впровадження відповідної інфраструктури, яка повинна підвищувати надійність і безпеку всіх аспектів її функціонування. Завдяки її складності та тому, що базою такої інфраструктури є інтелектуальні інформаційно-телекомунікаційні мережі, збільшується ймовірність реалізації атак із боку зовнішнього середовища на критично важливі процедури управління, реалізація яких може дозволити зловмисникам маніпулювати вимірами, умовами навантаження та іншими критичними параметрами системи [3]. Таким чином очевидно є важливість постійного моніторингу ризиків у середовищі експлуатації системи та своєчасне запобігання незаконним втручанням. Із цього випливає, що система кібербезпеки є одною із головних складових частин будь-якої сучасної кіберфізичної системи [4].

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

З розвитком кіберфізичних систем проблеми безпеки виникають як у їх фізичному, так і у кібернетичному просторах [5]. Архітектура сучасних кіберфізичних систем надає порушникові можливість здійснювати паралельні скоординовані атаки із зовнішнього кіберпростору на елементи їх інфраструктури і управління. Наслідками таких атак можуть бути події, що створюють загрози життю людей, виникненню техногенних катастроф а також великі матеріальні втрати.

Система кібербезпеки має зменшувати ризики реалізації загроз, виявляти та ідентифікувати аномальну поведінку системи, реагувати на вторгнення та

ініціювати контрзаходи для пом'якшення наслідків таких загроз та швидкого відновлення нормальної роботи.

Широкі дослідження безпеки сучасних кіберфізичних систем виявили значну кількість сценаріїв атак основаних на характерних уразливостях, їх цілей, та необхідних для реалізації ресурсів. Результати такого аналізу складають основу для організації відповідного захисту [6].

Надійність функціонування систем захисту визначається шляхом ретельного аналізу фізичного і кібернетичного середовищ на предмет наявності навмисних і ненавмисних подій, що приводять до виникнення загроз, тому ціллю даної роботи є огляд сучасного стану сценаріїв найбільш поширених кібератак і стратегій захисту.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Поява кіберфізичних систем не вимагає фундаментального перегляду теорії захисту. Її головною частиною є, як і раніше, мережний захист, а основним видом атак є атаки на комунікаційні протоколи, механізми ідентифікації та автентифікації, а також механізми розподілу ключів. У той же час, особливості кіберфізичних систем та їх поступове удосконалення породжують нові сценарії і типи атак. По відношенню до традиційних систем безпеки, системи захисту кібернетичного простору знаходяться ще у "дитячому" періоді і проведені дослідження вже виявили велику кількість уразливостей, на основі яких можна реалізувати атаки, що приводять до катастрофічних наслідків. Хоча для більшості виявлених атак вже існує стратегія захисту та виявлення або пом'якшення наслідків, однак остаточно ця проблема ще далеко не є вирішеною.

З урахуванням уразливостей кіберфізичних систем, атаки можуть бути реалізовані таємно і непередбачувано [7]. Так, зловмисник може змінювати інформацію управління шляхом підробки пакетів, перехоплених у контурі управління, за допомогою вірусного програмного забезпечення, незаконно отримати доступ до центрів моніторингу технологічних процесів, щоб порушити їх нормальну роботу. Таким чином динаміка системи може бути порушеною, якщо її захист не забезпечений на належному рівні і, через це, кібератаки вважаються основним видом загроз у кіберпросторі.

Ефективний захист може бути організований, якщо в його основі закладені математичні моделі атак. Моделювання відіграє ключову роль в аналізі та розумінні динаміки поведінки порушників. З практичної і теоретичної точки зору побудувати модель єдиної системи важливо перед будь-яким аналізом. Прикладом моделі, що розглядає кіберфізичну систему як динамічну систему з розподіленими параметрами та високим ступенем автоматизації і використовується спеціалістами різних областей, є модель, описана в роботі [8]. Вона дає можливість формально визначати такі характеристики системи як асинхронізм вимірювань у часі та управління, мережні затримки пакетів та стан узгодженості процесів у системі. У межах основанийого на моделюванні аналізу

важливо, щоб атаки були формально описані на математичному рівні. На даний момент, найбільш популярні і описані у наукових виданнях атаки можна розділити на наступні категорії: атаки типу "відмова в обслуговуванні" (DoS attacks), атаки повторного відтворення (Replay attacks) і атаки обману (Description attacks).

Найбільш поширеним видом атак є DoS-атаки. За їх допомогою порушникам вдається зробити ресурси системи недоступними. Зазвичай вони постійно посилають у буфери доменів інтелектуальної мережі "порожні" повідомлення і, таким чином, блокують їх шляхом перенавантаження. Це дає змогу заблокувати той чи інший її ресурс та унеможливити обмін даними між суб'єктами системи або змінити протокол маршрутизації. Для кількісного аналізу зниження працездатності системи від таких атак використовують моделі масового обслуговування, а таж моделі Маркова і Бернуллі.

Атаки, побудовані на моделях масового обслуговування, можна описати як системи з затримкою у часі, що дасть можливість ефективного вирішення проблеми стабільності [9]. У роботі [10] на основі аналізу графіку DoS-атак дано обґрунтування способу обчислення середньої похибки у роботі системи виявлення вторгнень. Моделі DoS-атак, побудовані на основі схеми Бернуллі, хоча й описують різні механізми виявляються однаковими, що дає можливість ефективно аналізувати працездатність кіберфізичних систем, використовуючи типові підходи для пропущених вимірювань.

Наступним видом небезпечних, що поширені у кібернетичному просторі є атаки повторного відтворення (Replay attacks). Це атака на систему автентифікації шляхом запису і подальшого відтворення коректного повідомлення або його частини [11]. Для імітації автентичності тут використовується будь-яка незмінна інформація, наприклад, пароль або біометричні дані. Така атака дає можливість отримати несанкціонований доступ до ресурсів або передавати хибні дані для руйнування роботи системи.

Прикладом Replay-атаки може бути атака на виконавчі механізми кіберфізичної системи, коли замість пакетів, що містять команди управління, передають пакети, які передавались раніше. Таку атаку непросто визначити через можливість проходження процедур автентифікації і, як наслідок, нормального функціонування кіберфізичної системи може бути порушено.

Використовуючи атаку червоточини (Wormhole attack) зловмисники перехоплюють інформацію між двома кінцевими точками і передають її іншим зловмисникам, створюючи таким чином "тунель" контролю. Використовуючи після цього Replay-атаку порушники мають можливість контролю над процесами управління. Очевидно, що порушникам для здійснення атак непотрібно ніякої системної інформації.

Для боротьби з Replay-атаками необхідна криптостійка система автентифікації. Вона повинна передбачати наявність оригінальних ключів для кожної сесії. Крім паролів до складу пакетів повинні втілюватись мітки часу та інші додаткові контрольні дані, що обмежують можливості потенційних порушників. Наявність таких параметрів робить повторну передачу пакетів менш результативною.

Самою поширеною і небезпечною у кібернетичному просторі є атака обману (Deception attacks). Це тип кібератаки, ціллю якої є втручання у фізичні і кібернетичні процеси через системи телекомунікації для отримання контролю над окремими частинами кіберфізичної системи [12]. В принципі, обман може бути визначений як взаємодія між двома суб'єктами - зловмисником і ціллю обману, при якому обманщик намагається змусити ціль прийняти неправдиву версію дійсності, бажану обманщиків.

Кіберпростір багато в чому відрізняється від природного середовища. По-перше, у кіберпросторі значно простіше приховати персональну інформацію або

ідентифікаційні дані, ніж при звичайній взаємодії суб'єктів. По-друге, інформація у кіберпросторі схильна до постійних змін. Обидва ці фактори сприяють реалізації шахрайських дій в кіберпросторі. Тому атаки обману не мають окремої типової моделі. Їх сценарії визначаються в залежності від поставлених цілей, уразливостей і наявних ресурсів порушників безпеки [13].

У разі нападу на технологічні системи, основними цілями атак обману є маніпуляції із показаннями датчиків, підробка керуючої інформації та отримання доступу до ресурсів систем.

Із часом, технічна складність атак обману буде підвищуватись, через удосконалення систем протидії. Сьогодні існує велика кількість методів виявлення і зупинення атак такого типу. В основі досягнення успіху покладається вивчення уразливостей і сценаріїв атак, що застосовувалися раніше, їх оцінка і пошук способів ефективною протидії [14]. По мірі зростання інтенсивності нападів повинно зростати і різноманіття засобів захисту.

IV. ВИСНОВКИ

Основними завданнями кібербезпеки є забезпечення сталого функціонування кіберфізичних систем за рахунок створення їх математичних моделей, що на формальному рівні враховують найменші особливості архітектури та процесів вимірювання, управління і протоколів обміну даними. Наявність таких моделей дає можливість аналізу виявлених атак, на основі якого будуються механізми протидії.

Враховуючи складність таких систем і динамічність поведінки їх складових частин, передбачити всі можливі сценарії атак у кіберпросторі майже не можливо. На даний момент ця задача ще далека від її остаточного вирішення. В опублікованій літературі передбачається, що порушники володіють всією необхідною системною інформацією, а захисники – можливими сценаріями атак. Здебільшого це так, але не завжди. Із цього витікає, що головною проблемою є відкритість інтелектуальних мереж, на яких будуються кіберфізичні системи.

Проектування кіберфізичних систем вимагає одночасного врахування завдань безпеки при обмеженості ресурсів та дотриманні вимог якості їх функціонування. У той же час для одночасного забезпечення стабільності, безпечності і надійності необхідно вирішувати проблему багатоцільової оптимізації.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Janssen M.C. The Smart Grid Drivers, PAC World, 2010, 77 p.
[2] Amin S.M., Wollenberg B.F. Toward a Smart Grid, IEEE P&E Magazine, 2005, No. 3, pp. 34-41.
[3] MoY.KimT.H.J.BrancikK. et al.: 'Cyber-physical security of a smart grid infrastructure', Proc. IEEE, 2012, 100, (1), pp. 195-209 (doi: 10.1109/JPROC.2011.2161428).

[4] National Institute of Standards and Technologies (NIST): 'Guidelines for smart grid cybersecurity' (NIST Special Publication, Gaithersburg, MD, 2014). Available at url: <http://www.dx.doi.org/10.6028/NIST.IR.7628r1>.
[5] SridharS.HahnA.GovindarasuM.: 'Cyber-physical system security for the electric power grid', Proc. IEEE, 2012, 100, (1), pp. 210-224 (doi: 10.1109/JPROC.2011.2165269).
[6] The Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team (ICS-CERT): 'Cyber-attack against Ukrainian critical infrastructure'. Alert (IR-ALERT-H-16-056-01), 2016. Available at url: <https://www.ics-cert.us-cert.gov/alerts/IR-ALERT-H-16-056-01>.
[7] A. D'Innocenzo, F. Smarra, M. Benedetto, Resilient stabilization of multi-hop control networks subject to malicious attacks, Automatica 71 (2016) 1-9.
[8] X. Guan, B. Yang, C. Chen, W. Dai, Y. Wang, A comprehensive overview of cyber-physical systems: from perspective of feedback system, IEEE/CAA J. Autom. Sin. 3 (1) (2016) 1-14.
[9] X.-M. Zhang, Q.-L. Han, A. Seuret, F. Gouaisbaut, An improved reciprocally convex inequality and an augmented Lyapunov — Krasovskii functional for stability of linear systems with time-varying delay, Automatica 84 (2017) 221-226.
[10] H. Zhang, P. Cheng, L. Shi, J. Chen, Optimal denial-of-service attack scheduling in cyber-physical systems, Technical Report, Zhejiang University, 2015. (Online). <http://www.sensomet.cn/heng/HengestimationFull.pdf>.
[11] Dutt, V., Ahn, Y. S., & Gonzalez, C.: Cyber situation awareness modeling detection of cyber-attacks with instance-based learning theory. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 55(3), 605-618 (2013).
[12] D. Ding, Z. Wang, Q.-L. Han, G. Wei, Security control for a class of discretetime stochastic nonlinear systems subject to deception attacks, IEEE Trans. Syst. Man Cybern.Syst. doi:10.1109/TSMC.2016.2616544.
[13] [20] D. Ding, Z. Wang, D.W.C. Ho, G. Wei, Observer-based event-triggering consensus control for multi-agent systems with lossy sensors and cyber attacks, IEEE Trans. Cybern. 47 (8) (2017) 1936-1947.
[14] Sridhar, S., Govindarasu, M.: 'Model-based attack detection and mitigation for automatic generation control', IEEE Trans. Smart Grid, 2014, 5, (2), pp. 580-591.

Intelligence System For Emotional Facial State Estimation During Inspection Control

Viktor Sineglazov

*Aviation computer integrated
complexes department
National Aviation University
Kyiv, Ukraine
svm@nau.edu.ua*

Roman Pantyeyev

*Aviation computer integrated
complexes department
National Aviation University
Kyiv, Ukraine
romanpanteevmail@gmail.com*

Ilya Boryndo

*Aviation computer integrated
complexes department
National Aviation University
Kyiv, Ukraine
ib.mistlemagic@gmail.com*

Abstract—The problem of customs control intelligence security system creations is considered. The necessity of the passenger emotions face changes analysis during control in airports is shown. The emotional changes of a human face correspond to internal reaction of the person on the posed control questions. As the solution of this problem it's proposed to apply the convolution neural network at the stage of micro emotion identification and the indistinct qualifier – at the stage of decision making for potential threats of passenger. As the indistinct qualifier it is offered to use the NEFCLASS neural network. The example of practical approach for micro emotion recognition by means of convolution neural network is given.

Keywords—combined convolution neural network, NEFCLASS, micro expressions, facial state recognition.

I. INTRODUCTION

Nowadays, the real importance is given to increasing the aircraft safety conditions, in particular during the passenger control. Commonly, the number of people for each security officer is too high to deal with them in restricted period of time. The employee of Aircraft Company is faced by a hard task, to ask the number of special questions to understand the emotional state of the passenger to successful admission of the flight. The main features that allow solving this problem is emotional changes of the passenger during the control conversation. The most successful application of this approach was done by El Al aircraft company (Israel). The challenge is to detect and recognize the facial micro changing. It's very difficult task especially with a large number of passengers (about 20-30 people on one security officer) and demand considerable preparation. In this work as the solution of given problem offered to use an intellectual analysis system which consists of the two-level neural networks of deep learning based on micro emotion recognition: at the first level the convolution neural network [1], on the second – the qualifier constructed with use of indistinct neural network, for example NEFCLASS [2] is applied.

II. REVIEW OF EXISTING SOLUTIONS

During the analysis of human emotional state recognition, it's necessary to consider “profiling” [3]. This is a set of psychological approaches for analyzing and predicting a persons behavior, based on particular features, appearance and verbal behavior. This technique can be successfully

applied in computer vision due to the classification of these features for potential danger prevention. Using the profiling method it is necessary to use a coding system of facial movements (SKLiD) [4]. By using the SKLiD, it is possible to create a facial model based on units of actions and a fixed period of time needed to act any emotion. Here, the units of action are the movements performed by individual muscles or a group of muscles.

The system also has a limited number of descriptors (unitary movements performed by a group of muscles: tightening the cheeks, stretching the eyelids, raising the wings of the nose, raising the upper lip, deepening the noselabial fold, raising the corners of the lips, dimpling the lips, lowering the corners of the mouth, lowering the lower lip, pulling off the lips) [5]. Each manifestation of facial emotions of a person can be described by a set of descriptors. As the apparent facial changes there also occur the micro emotions. They can be taken into account in more complicated recognition approaches. Table 1 describes the main facial changes relatively to the six standard types of emotions [6].

Motion units of the person can be divided into three groups conditionally:

- static – recognition using only the photo is possible;
- dynamic – it is necessary to continuous frame changing, key points initialization or obtaining the average value of distances between motion units;
- empty – actively participate in manifestation of emotions, however are not registered search algorithms (dimples on cheeks).

Now it is possible to review the following recognition methods of the human emotional state using a profiling approach. The most efficient ones are: holistic methods, local methods, methods of calculation of forms of objects, methods of calculation of dynamics of objects (Tab. 2) [7]. For the human face it is possible to initialize up to 80 facial landmarks. Commonly, it is borders of eyes, mouth and eyebrows. Molar muscles are not important feature for human expression recognition and its analysis. Each of emotions has the unique dynamics parameters.

TABLE I. RELATIONS OF EMOTIONAL FACIAL FEATURES CHANGING

Emotion	Eyebrow	Mouth
Surprise	Rise	Open
Fear	Rise and wrinkled	Open and stretch
Disgust	Decrease	Rise and ends will decrease
Anger	Decrease and wrinkled	Opens and ends will decrease
Happiness	Bends down	Ends will rise
Sadness	End part will decrease	Ends will decrease

TABLE II. METHODS FOR FACIAL EMOTIONAL STATE RECOGNITION OF HUMAN FACE

Methods	Holistic methods	Local methods
Methods for shapes calculations	Classificatory: Artificial Neural network, Random Forest, Adaboost, Gabor filters, 2D face models: AAM, ASMEBGM.	Classificatory: Artificial Neural network, Bayes Classificatory, Adaboost, Geometric face models. Own vectors: PCA. Local histograms: HoG, LBP.
Methods for dynamics calculations	Optical flow, Dynamic models.	3D dynamic models Statistical models: HMM, DBN.

Therefore, profiling is the relevant method for emotional identifying and analyzing of an individual features, which makes it possible to significantly increase the level of security, for example, at airports.

These approaches were implemented in the following software for processing video images of a human face subject to emotions [7]:

1) Face Reader - developed by “Noldus Information Technology” (Netherlands), requires the facial video for proper identification. System capabilities: recognition of emotions, the definition of ethnicity, the use of the Active Template method, the creation of an artificial face model. Advantages: recognition with an accuracy of 89%; you can define emotions by frames or completely (video), full visualization (histograms, diagrams of emotions). Disadvantages: does not recognize children under five; inaccurate definition of emotions in a person with glasses; different skin color is perceived by the system in different ways; turned face is not detected.

2) Emotion Software and GladOrs application - developed by “Visual Recognition” (Netherlands). System capabilities: the system creates a 3D model of the face with the

identification of 12 key areas, such as the corners of the eye and the corners of the mouth. Pluses: recognizes anger, sadness, fear, surprise, disgust and happiness. The software is not demanding on the computer. Disadvantages: unknown details of the implementation algorithm (no defects identified).

3) Face Analysis System - developed by “MMER-Systems” (Germany). System features: Face overlay a certain deformable mask that allows you to calculate the necessary parameters in real time. Advantages: recognizes six basic emotions, determines gender, age, and ethnicity; identifies the person if the photo was previously uploaded to the database, has an additional module. Disadvantages: incomplete coverage of the loaded data, since you can work with a webcam; inaccurate results for uploading data.

The task of recognizing emotions is part of a comprehensive system for image analysis. For its proper operation, it is important to clearly identify the person’s face in the image and properly extract it for further processing, rely on a number of dynamic parameters.

Face detection algorithms can be divided into four categories [8]:

- empirical method;
- method of invariant signs;
- recognition on the template implemented by the developer;
- a method detection on external signs (the training systems).

The main stages of algorithms of empirical approach are:

- stay on the image of the person: eye, nose, mouth;
- detection: borders of the person, form, brightness, texture, color;
- combination of all found invariant signs and their verification.

Shortcoming is that this algorithm is very sensitive to degree of an inclination and turn of the head.

III. MATHEMATICAL PROBLEM STATEMENT FOR FACIAL STATE RECOGNITION

Mimic reactions of each person have a certain set of standard manifestation parameters and are divided into two categories: geometric and behavioral.

To describe the quantitative and qualitative parameters of the face (voluntary and involuntary) use a coding system of facial movements. In this case, the quantitative parameter is the intensity of movement from A to E.

The video data stream is a sequential set of frames. The goal of recognition is to merge faces on images into disjoint classes. The task of face recognition is formulated as follows:

it is required to build a recognition function (1) output that determines the image class w , presented by a vector of sign $(x_1(w), \dots, x_n(w))$.

$$F(w) = (F_1(w), F_2(w), \dots, F_k(w)) \quad (1)$$

In this case a class is the one of six basic emotions of the person.

$$F_k(w) = \begin{cases} 1, & \text{if } w \in \Omega_k \\ 0, & \text{if } w \notin \Omega_k \end{cases} \quad (2)$$

Search of a solution is carried out by using of artificial neural networks.

The invariant is the property of some class (set) of mathematical objects remaining invariable at conversions of a certain type [8].

The invariant moments represent characteristic signs which can meet in each picture. Most often persons on video frames are exposed to the different deformations inherent to mimicry of the person. In such conditions it is necessary to tell about "pseudo-invariants" [9].

It is reasonable to convert the color images in a gray-scale

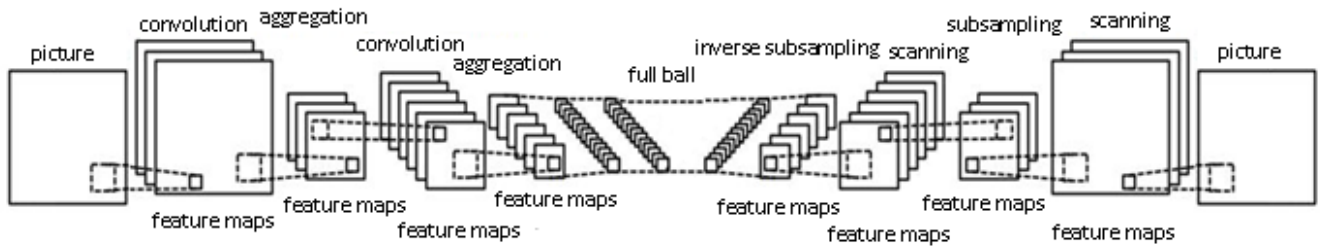


Fig. 1. Structural scheme of combined convolutional neural network

style. After preprocessing and normalization the sample represents a matrix of pixels, each of which matters brightness in the range $[0 \dots 1]$ (Fig. 1).

IV. PROBLEM SOLUTION

The solution of a problem of recognition of emotions belongs to a problem of classification, i.e. the neural network should carry the received data set to emotions, answering to the set of parameters. Let's consider the mathematical description of a problem of recognition:

Let the set of M of images of persons (emotion, for example, surprise) is given as $\{w_1, \dots, w_n\}$, each of which has a vector of values of signs (mimic signs) [9]:

$$x_i = (x_{i1}, \dots, x_{im}) \quad (3)$$

Vector of signs are carried by experts to some classes:

$$\begin{aligned} \Omega_1 &= \{w_1, \dots, w_{m_1}\}, \Omega_2 = \{w_{m_1+1}, \dots, w_{m_1+m_2}\}, \dots \\ \Omega_k &= \{w_{m_{k-1}+1}, \dots, w_{m_k}\}, \end{aligned} \quad (4)$$

where $m_1 + m_2 + \dots + m_k = m$, $m = |M|$.

For a solution of this task in work the combined convolution neural network which consists of convolution neural network, the qualifier and scanning neural network is used (Fig. 2). Use of this network allows selecting emotional reaction of each of above-mentioned features. Data of exits of this network are inputs of the indistinct qualifier which allows making on the basis of the analysis of reaction of separate elements of the person decisions concerning threats which this passenger can represent.

The combined convolution neural network solves such problems as:

- 1) Recognition and description of features of the person.

This task demands definition of position of bodies (eyes, a nose, a mouth, etc.) on a face and also forms of these bodies should be defined.

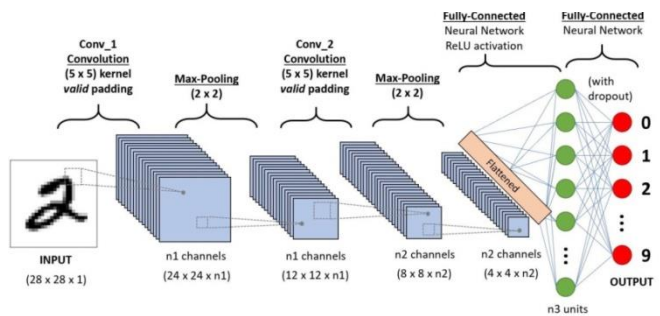


Fig. 2. Structural scheme of single convolutional neural network

- 2) Classification.

According to information on features of the person it is necessary to define what type of emotion is present at the image. Then it is necessary to define information on mood for further development of the intelligent interface.

The combined network consists of convolution neural network, some qualifier and re-convolution neural network. The conceptual structure of such network presented on a Figure 1. Such architecture allows not only to distinguish image elements, but also to notice on it recognition elements.

Re-convolution neural network is specula reflection of convolution neural network.

The ability of the multilayer neural networks trained by method of gradient descent to creation of difficult multidimensional areas on the basis of a large number of the training examples allows applying them as the qualifier to image identification.

Despite it, in traditional full-meshed neural network there is a number of the shortcomings lowering efficiency of their work. First of all, it is the big size of images (the image is understood as the graphical representation of a recognizable image presented in the form of set of pixels), which can reach several hundred. For correct training in such data it is required to increase number of the hidden neurons that leads to increase in number of parameters, and, as a result, lowers training speed, demands the big training selection. But the biggest restriction of such networks is that they do not differ in invariance to different deformations, for example, to transfer or insignificant distortion of an input signal.

The convolution neural network systems (Conv Nets or CNNs) are the logical instrument receives an input parameters as image in the set of pixels view, finds some features on it and due to it sets the parameters (weighted coefficients) to wide data objects in the images and be able to highlight any special things among all over objects. Conv Nets requires the less clean processing power relatively to other processing algorithms. Unlike to standard filter methods that working as hard-engineered unit, the convolution neural network can achieve it through the training processes.

The structure of a Conv Nets is same as connectivity image of human brain biological neurons and was based on group of the “Visual Cortex”. Each one neuron responds to stimuli only in a specially-restricted area of the visual field known as the receptive area. A set of such areas overlap to cover the entire visual area. A Conv Nets are able to clearly capture the spatial and temporal dependencies in any input image data through the application based on relevant filters. CNN structure performs a great setting to the image dataset with help of reduction in the number of parameters involved and reusability of weights. Therefore, the neural network can be trained to understand the sophistication of the image better. On the Fig. 2 presented the conceptual structure of convolution neural network.

As the input commonly we will get the RNG image which means R – red color, G – greed and B – blue. Also, image can be in different color types: gray-scale, HSV, RGB, CMYK, etc.

For the while, take into the mind which the computational power needed for process the image of 8K (7680×4320) sizes. The main purpose of Conv Nets is to compress it into much more lighter state without losing important parts (features). It’s necessary to take care when we’re designing structure with low features learning possibilities and huge data sets (Fig. 3).

On the basis of results of check of the combined

convolution neural network on test selection it is possible to determine a number of significant parameters [10]:

1. Number of convolution layers.
2. Number of aggregation layers.
3. Mutual placement of convolution layers and aggregation layers.
4. Convolution layers (for each layer separately):
 - Convolution core size (for each layer separately);
 - Number of features maps (for each layer separately);
 - Padding size (for each layer separately);
 - Parameter of ending effect.
5. Aggregation layers (for each layer separately):
 - Aggregation core size;
 - Aggregation core function.
6. Fully-connected layers (for each layer separately):
 - Number of fully-connected layers;
 - Sizes of each layer;
 - Classificatory type: auto encoder.
7. Existence of extracting operation for each layer: – extracting percent and random function.

For optimization of structure and parameters of convolution neural network the genetic algorithm is used [10].

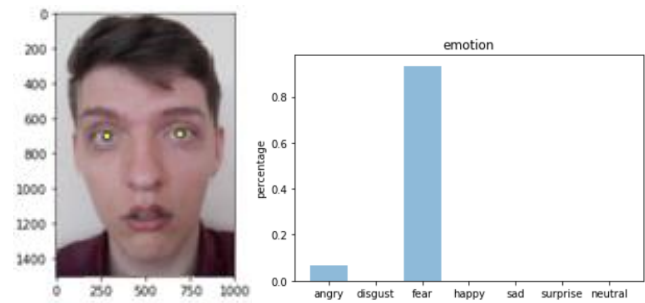


Fig. 3. Facial expression recognition example obtained using complex CNN

V. CONCLUSION

In this work the effective approach for emotional state recognition of human face using digital images analysis is proposed. It is developed the ways of application the combined convolution neural network for assigned task and algorithms of digital image processing was applied. For the solution of the classification task it is used fuzzy neural network classifier such as “NEFCLASS”, inputs of which are outputs of CNN. Given approach has the acceptable recognition level and good enough accuracy. This system can be successfully applied to perform the security purposes in the airports and able to increase the security level. However the system has some limitations as the sensitivity to lightning

level, dependence on head rotation degree. These limitations will be eliminated at continuation of this work in the following directions: gain of compensation of light difference using the complication of an algorithm of adaptive filtering; expansion the range of emotions. In figure 3 presented the result of combined convolution neural network for expression and analysis of human emotional state.

REFERENCES

- [1] A. Krizhevsky, I. Sutskeyever, and G. E. Hinton, "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Network" 2012. (*references*)
- [2] D. Nauck, R. Cruse, "NEFCLASS – a neuro-fuzzy approach for classification of data", January 1995.
- [3] Y. M. Volinsky-Bosmanov "Profayling. Technology for preventing crime acts" in Magnetism, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 2015, pp. 220.
- [4] R. Li, S. Ma, "Impact of depression on response to comedy: A dynamic facial coding analysis" *Journal of abnormal psychology* 116 (4): 804–9, 2007.
- [5] B. A. Knyazev, Y. E. Gapanyuk "Recognition of aberrant behavior of the person" *Journal of engineering*, 2013, p 512.
- [6] P. Ekman and W. Friesen, "Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement", consulting Psychologists Press, Palo Alto, 1978.
- [7] D. Stutz, "Introduction to Neural Networks. Seminar on Selected Topics in Human Language Technology and Pattern Recognition", 2014.
- [8] D. A. Tatarenkov, "Analysis of face recognition methods on images", 2015, p. 270.
- [9] G. Deco and D. Obradovic, "An Information-theoretic Approach to Neural Computing, Springer", New-York, 1996.
- [10] G. K. Voronosky, S. N. Petrashev, S. A. Sergeev, "Genetic algorithms. Artificial intelligence systems and problems of virtual reality", 1997.

The Order of Projective Edwards Curve Over Finite Field

R. V. Skuratovskii

*Institute of computer science and technology
IAMP
Kiev, Ukraine
ruslan@imath.kiev.ua, ruslcomp@mail.ru*

Williams A.

*Mathematics Institute
Cardiff University
Cardiff, UK
williamsae13@cardiff.ac.uk
https://orcid.org/0000-0001-7695-946X*

Abstract—We consider algebraic affine and projective curves of Edwards over a finite field \mathbb{F}_{p^n} . Most cryptosystems of the modern cryptography can be naturally transform into elliptic curves. We research Edwards algebraic curves over a finite field, which at the present time is one of the most promising supports of sets of points that are used for fast group operations. We find not only a specific set of coefficients with corresponding field characteristics, for which these curves are supersingular but also a general formula by which one can determine whether a curve $E_d[\mathbb{F}_p]$ is supersingular over this field or not.

Keywords— *finite field, elliptic curve, Edwards curve, group of points of an elliptic curve.*

I. INTRODUCTION

The embedding degree of the supersingular curve of Edwards over \mathbb{F}_{p^n} in a finite field is investigated, the field characteristic where this degree is minimal is found.

The criterion of supersingularity of the Edwards curves is found over \mathbb{F}_{p^n} . Also the generator of crypto stable sequence on an elliptic curve with a deterministic lower estimate of its period is proposed.

We consider algebraic affine and projective curves of Edwards over a finite field. We find not only a specific set of coefficients with corresponding field characteristics, for which these curves are supersingular but also a general formula by which one can determine whether a curve is supersingular over this field or not. The embedding conditions of a group of supersingular curve $E_d[\mathbb{F}_p]$ in a field \mathbb{F}_{p^k} [5] with minimal degree k of extension were found.

II. MAIN RESULT

The twisted Edwards curve with coefficients

a and d is the curve $E_{a,d}$:

$$ax^2 + y^2 = 1 + dx^2y^2, \quad a, d \in \mathbb{F}_p^*, \quad \text{where}$$

$$ad(a-d) \neq 0, \quad d \neq 1, \quad p \neq 2, \quad a \neq d.$$

An Edwards curve is a twisted Edwards curve with $a = 1$.

We will denote by E_d Edwards curve $x^2 + y^2 = 1 + dx^2y^2$, $d \in \mathbb{F}_p^*$, over \mathbb{F}_p .

Special points are (infinitely distant points) $(1,0,0)$ and $(0,1,0)$, therefore, we have singularities at infinity in the corresponding affine components

$$A^1: az^2 + y^2z^2 = z^4 + dy^2 \quad \text{and}$$

$$A^2: ax^2z^2 + z^2 = z^4 + dx^2.$$

We describe the structure of the local ring at the point p_1 , its elements are fractions of the functions of the form $F(x, y, z) = \frac{f(x, y, z)}{g(x, y, z)}$, whose denominators do not get value of 0 at the point p_1 . A local ring having singularity in 2-points has functions in which the denominators are not divisible by $(x-1)(y-1)$.

We find $\delta_p = \dim \frac{\bar{\mathcal{O}}_p}{\mathcal{O}_p}$, where \mathcal{O}_p – the local ring at a singular point p , this ring is generated by the relations of regular functions $\mathcal{O}_p = \left\{ \frac{f}{g} : (g, (x-1)(y-1)) = 1 \right\}$, $\bar{\mathcal{O}}_p$ – the whole closure of the local ring at a singular point p .

Denote $\delta_p = \dim \frac{\bar{\mathcal{O}}_p}{\mathcal{O}_p} = 1$ the dimension of the factor as vector space. Since the basis of extension $\bar{\mathcal{O}}_p$ over \mathcal{O}_p consists of one element in each of two distinct points, then $\delta_p = 1$.

So, we calculate the genus of curve for Reed [6]

$$\rho^*(C) = \rho_\alpha(C) - \sum_{p \in E} \delta_p = \frac{(n-1)(n-2)}{2} - \sum_{p \in E} \delta_p = 3 - 2 = 1$$

because $n = 4$. where $\rho_\alpha(C)$ – the arithmetic type of the curve C , parameter $n = \text{deg}C = 4$.

Since it is of genus 1, then it is isomorphic to a flat cubic curve but is not elliptic, because it has singularity in the projective part. The curve of Edwards as the twisted curve of Edwards isomorphic to some affine part of the elliptic curve. Normalization of the Edwards curve is a curve in the form of Veyreshtras proposed by Montgomery E_M [1].

In order to detect supersingular curves, according to Koblitz's study [7,8], one can use the search for such parameters for which the curve and its corresponding curve have the same number of solutions.

As well known the transition to the torsion curve is given by the reflection $(\bar{x}, \bar{y}) \mapsto (x, y) = \left(\bar{x}, \frac{1}{\bar{y}}\right)$ [1].

Let us denote by N_{E_d} the number of points of affine Edwards curve over finite field \mathbb{F}_p .

The following statement is criterion of the curve supersingularity.

Theorem 1. If $p \equiv 3 \pmod{4}$ and p is a prime number

and $\sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j \equiv 0 \pmod{p}$ then the order of the curve $x^2 + y^2 = 1 + dx^2 y^2$ coincides with order of the curve $x^2 + y^2 = 1 + d^{-1} x^2 y^2$ over F_p and equal to $N_{E_d} = p + 1$ if $p \equiv 3 \pmod{8}$, and it equals to $N_E = p - 3$ if $p \equiv 7 \pmod{8}$. Over the extended field F_{p^n} , where $n \equiv 1 \pmod{2}$ order of this curve is $N_E = p^n + 1$, if $p \equiv 3 \pmod{8}$, and it is $N_E = p^n - 3$, if $p \equiv 7 \pmod{8}$.

Example. Number of points for $d = 2$ and $p = 31$ $N_{E_2} = N_{E_2^{-1}} = p - 3 = 28$.

Corollary 1. If coefficient d of E_d is such that $\sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j \equiv 0 \pmod{p}$, then E_d has $p - 1 - 2\left(\frac{d}{p}\right)$ points over F_p and birational equivalent [1] curve E_M has $p + 1$ points over F_p .

Corollary 2. If the coefficient of the curve satisfies the supersingularity $\sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j \equiv 0 \pmod{p}$ equation studied

in Theorem 1, then E_d has $p - 1 - 2\left(\frac{d}{p}\right)$ points over F_p a boundary-equivalent [1] curve with $p + 1$ points over F_p .

Theorem 2. The number of points of the affine Edwards curve is equal to

$$\begin{aligned} N_{E_d} &= (p + 1 + (-1)^{\frac{p+1}{2}} \sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j) \equiv \\ &\equiv ((-1)^{\frac{p+1}{2}} \sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j + 1) \pmod{p}. \end{aligned}$$

This sum is congruent to This result follows from the number of solutions of the equation $y^2 = (dx^2 - 1)(x^2 - 1)$ over F_p equals to $p - 1 - 2\left(\frac{d}{p}\right) + \left(1 + \left(\frac{d}{p}\right)\right) = p - \left(\frac{d}{p}\right)$. Thuz we have

$$\begin{aligned} N_{E_d} &= (p + 1 - \left(\frac{d}{p}\right) - (-1)^{\frac{p-1}{2}} \sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j) \equiv \\ &\equiv (p + 1 - \left(\frac{d}{p}\right) - (-1)^{\frac{p-1}{2}} \sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j) \equiv \\ &\equiv (1 + (-1)^{\frac{p+1}{2}} \sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j) \pmod{p}. \end{aligned}$$

Example. If $p = 31$, then $N_{E_2} = N_{E_2^{-1}} = p - 3 = 28$ over prime field \mathbb{F}_p , that is less than $p + 1$.

Theorem 3. The number of points of the projective Edwards curve is equal to

$$\begin{aligned} N_{pE_d} &= (p + 1 + 2 + (-1)^{\frac{p+1}{2}} \sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j) \equiv \\ &\equiv ((-1)^{\frac{p+1}{2}} \sum_{j=0}^{\frac{p-1}{2}} (C_{\frac{p-1}{2}}^j)^2 d^j + 3) \pmod{p}. \end{aligned}$$

Note that addend 2 arise due two infinite points $(1,0,0)$ and $(0,0,1)$.

We call the embedding degree a minimal power k of finite field extention such that C_r can embedded in multiplicative group of \mathbb{F}_{p^k} .

Property. The embedding degree [5] of the supersingular curve E_d is equal to 2.

In fact, the order of the supersingular group $E_{1,d}$ can be equal to $p^k + 1$ divides $p^{2k} - 1$ and does not divide the lesser degrees.

III. THE EMBEDDING DEGREE OF TWISTED EDWARDS CURVE AND ITS PROPERTIES

Let us obtaine conditions of embedding the group of supersingular curve $E_d[\mathbb{F}_p]$ of order q in multiplicative group of field \mathbb{F}_{p^k} with embedding degree $k=12$ [5]. For this goal we use Zsigmondy theorem. This theorem implies that suitable charactersctic of field \mathbb{F}_p is an arbitrary prime q , which do not divide 12 and satisfy the condition $q|\Phi_{12}(p)$, where $\Phi_{12}(x)$ is the cyclotomic polynom. This p will satisfy the necessary conditions namely $(x^n - 1) \nmid p$ for an arbitrary $n = 1, \dots, 11$.

Recall that by a cofactor of curve we call multiplier to a large prime number q in factorization of order of curve.

Theorem 4. If Edwards curve over finite field F_p where $p \equiv 7 \pmod{8}$ is supersingular and $p-3=4q$, where $p, q \in P$, then it has minimal cofactor 4.

Theorem 5. If Edwards curve over F_p , where $p \equiv 3 \pmod{8}$ is supersingular and $p+1=4q$, where $p, q \in P$, then it has minimal cofactor 4.

Example. For $p = 2^{255} - 19$ the twisted Edwards curve $E_{29,-28}$ has cofactor 4 and the twisted Edwards curve $E_{25,2}$ has cofactor 8.

The possibility of doing the reverse operation to the operation of doubling the point has not yet been fully investigated for the twisted Edwards curve, the following theorem gives an answer to this question. Under the divisibility of the point $(X; Y)$, it understands the finding of its preimages $(x; y)$, which, when applying the point doubling formula, result in the point $(X; Y)$ [1].

Theorem 6. An arbitrary point of a twisted Edwards curve (1), which is not a point of the 2nd or 4th order, admits divisibility if and only if $\left(\frac{1-aX^2}{p}\right) \neq -1$.

Take the elliptic curve of a given large simple order q [3], where $p \neq q$. As a one-sided, take the function: $P_i = f(P_{i-1}) = \phi(P_{i-1})G$, where

$$\phi(P_{i-1}) = \begin{cases} x, & P_{i-1} = (x, y) \\ p, & P_{i-1} = O \end{cases}.$$

Apply the generation formula $P_i = f(P_{i-1}) = \phi(P_{i-1})G$. Therefore, the complexity of the inverse of this function is equivalent to the problems of a discrete logarithm. As a hard bit of this one-way function we set the predicate

$P(P_{i-1}) = \left(\frac{\phi(P_{i-1})}{p}\right)$ or the alternative the predicate

$$P(P_{i-1}) = \begin{cases} 1, & x_i \geq \frac{p-1}{2} \\ 0, & x_i < \frac{p-1}{2} \end{cases}.$$

The complexity of computation of the product $P_i = f(P_{i-1}) = \phi(P_{i-1})G$ according to the method of doubling the addition is $O((\log_2 \phi(P) - 1)(W(\phi(P) - 1)))$ [9].

To maximize the generator's operating period, we can use the cyclic group of the curve E_d not a prime order. For mapping generator G of cyclic group $E_d[\mathbb{F}_{p^k}]$ in an element which is another generator of this group we add G with itself m times, where m satisfies the condition $(m, E_d[\mathbb{F}_{p^k}]) = 1$.

Viz $P_i = f(P_{i-1}) = \frac{\phi(P_{i-1})}{(\phi(P_{i-1}), |E_d|)} G = mG$, where $|E_d|$ is the order of the curve group E_d . A possible modification is the choice of the coordinate of the point P_i which gcd with $|E_d|$ is lesser. Otherwords, let $t := \underset{z \in \{x, y\}}{\text{Argmin}}(\gcd(x, |E_d|), \gcd(y, |E_d|))$ and as a factor we take:

$$\phi(P_{i-1}) = \begin{cases} t, & P_{i-1} = (x, y) \\ p, & P_{i-1} = O \end{cases}.$$

In the case of a field \mathbb{F}_{p^n} we can choose a supersingular curve whose order is known by Theorem 1 then the order of the group of points of the generator will be $\varphi(p^k + 1)$ or $\varphi(p^k - 3)$.

As a hard bit of this one-way function we take a mapping of the quadratic residue of second coordinate of point P_n viz $\left(\frac{y_n}{p}\right)$.

This one-sided function has a core similar to that used in the Kalinski generator [9], hence, according to the Goldwasser's theorem, the sequence $\{P_i\}_{i=1}^T$ will be unpredictable and crypt resistant [12].

Let we have $\mathbb{F}_{p^n} : Tr(x_{i+1}) \rightarrow \mathbb{F}_p$. Predicate $P(x)$ is in the core of our one-sided function. From what ours $P(x)$ is in the core of a known one-way generator function Kalinsky follows that, according to the Goldwasser's theorem [11], it will have the unpredictability of the following states of the generator with the preservation of polynomial indistinguishability during the generation of the following n^d bites, $d = const$.

IV. CONCLUSION

Thus, the order of projective Edwards curve was deduced in form of analytic formula.

REFERENCES

- [1] Daniel J. Bernstein, Peter Birkner, Marc Joye, Tanja Lange, Christiane Peters. "Twisted Edwards Curves". IST Programme ECRYPT, and in part by grant ITR-0716498, PP. 1-17, 2008.
- [2] Skuratovskii R. V. Modernized Pohlig-Hellman and Shanks algorithm. Vol. 1 Visnik of KNU. Cybernetics. pp. 56., 2015.
- [3] Скуратовський Р. В., Мовчан П. В., "Нормалізація скрученої кривої Едвардса та дослідження її властивостей над F_p ". Збірник праць 14 Всеукраїнської науково-практичної конференції. ФТІ НТУУ "КПІ" 2016, Том 2, С. 102-104.
- [4] Skuratovskii R. V., Kvashuk D. M. Vlastyvoli skruchenoyi kryvoyi Edvardsa, mozhyvist" podilu yiyi tochky na dva i zastosuvannya// Zbirnyk naukovykh prac" "Problemy informatyzaciyi ta upravlinnya". - 2017.- № 4(60). – S. 61-72.
- [5] Paulo S. L. M. Barreto Michael Naehrig. Pairing-Friendly Elliptic Curves of Prime Order. International Workshop on Selected Areas in Cryptography SAC 2005: pp. 319-331.
- [6] W. Fulton Algebraic curves. An Introduction to Algebraic Geometry - Third Preface - January, 2008. - 121 P.
- [7] H. Edwards A normal form for elliptic curves. American Mathematical Society. - 2007. - Volume 44, Number 3, July - pp. 393-422.
- [8] N. Koblitz, "Eliptic Curve Cryptosystems" // Mathematics of Computation, V. 48, No. 177. –Д. pp. 203-209, 1987.
- [9] Bolotov A. A., Gashkov S. B., Frolov A. B., Chasovskyh A. A. Elementarnoe vvedeniye v ellyptycheskuy kryptohrafiyu – M.: KomKnyka. Tom 2., 2006. – 328 s.
- [10] Deepthi P.P., Sathidevi P.S.. New stream ciphers based on elliptic curve point multiplication. Computer Communications (2009). pp 25–33
- [11] Shafi Goldwasser, Mihir Bellare. Lecture Notes on Cryptography. Cambridge, Massachusetts, July 2008. P. 289.

Формалізація Та Узагальнення Інформаційної Моделі Технологічних Операцій Зміцнення Та Відновлення Сталевих Поверхонь

Тетяна Смірнова
Центральноукраїнський
національний технічний
університет
м. Кропивницький, Україна
sm.tetyana@gmail.com

Олександр Дреєв
Кафедра кібербезпеки та
програмного забезпечення
Центральноукраїнський
національний технічний
університет
м. Кропивницький, Україна
drey.sanya@gmail.com

Олексій Смірнов
Кафедра кібербезпеки та
програмного забезпечення
Центральноукраїнський
національний технічний
університет
м. Кропивницький, Україна
dr.SmirnovOA@gmail.com

Formalization And Generalization of Information Model of Technological Operations of Strengthening And Restoration of Steel Surfaces

Tetyana Smirnova
Central Ukrainian National
Technical University
Kropyvnytskyi, Ukraine
sm.tetyana@gmail.com

Oleksandr Drieiev
Department of Cybersecurity and
Software
Central Ukrainian National
Technical University
Kropyvnytskyi Ukraine
drey.sanya@gmail.com

Oleksii Smirnov
Department of Cybersecurity and
Software
Central Ukrainian National
Technical University
Kropyvnytskyi, Ukraine
dr.SmirnovOA@gmail.com

Анотація—Запропоновано формалізацію підмножини абстрактних експертних систем для забезпечення оптимізації ланцюга технологічного процесу, як доповнення експертної системи експертним системам окремих технологічних процесів.

Abstract—The paper proposes the formalization of a subset of abstract expert systems to ensure optimization of the technological process chain, as an add-on of an expert system over the expert systems of individual technological processes.

Ключові слова— Експертні системи, технологічний процес

Keywords—Expert systems, technological process

I ВСТУП

З розвитком комп'ютерних технологій зростає актуальність використання хмарних технологій в реалізації інформаційних систем [1, 2]. Інформаційні системи на сучасному етапі розвитку технологій є сенс застосовувати у технологічних процесах (ТП) підвищення довговічності та зносостійкості матеріалів та

деталей машин [3-5]. На основі зазначених актуальних проблем в інформаційному забезпеченні експертних систем оптимізації ланцюга технологічних процесів, в роботі розв'язується наступна задача - реалізувати хмарну рекомендаційну систему як сервіс (SaaS) з отримання поверхонь валів зі сталі СТ45 із заданими характеристиками на основі комбінації декількох ТП.

II ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ НА БІЛЬШІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ

Математична модель технологічного процесу (ТП) к відновлення та зміцнення поверхонь, який позначимо на

основі $\vec{Y} = f(\vec{X}, \vec{V}, \vec{Z}, \vec{R})$,

$$\vec{Y}_k = f(\vec{X}_k, \vec{V}_k, \vec{Z}_k, \vec{R}_k), \quad (1)$$

де $\vec{Y}_k \in Y$ – кількісні значення підмножини характеристик поверхонь, яка отримана за результатами ТП k ; $\vec{X}_k \in X$ – кількісні значення підмножини відомих та контрольованих параметрів окремого ТП з усіх доступних. Відповідно до попередніх підмножин, позначено підмножини, які відносяться до неконтрольованих та інших вхідних параметрів. Відповідно до цього, з причини того, що в загальному випадку невідома кількість даних для побудови математичної моделі (ММ) ТП, не можливо заздалегідь визначити методи її побудови. Для цього потрібно доповнити модель додатковими даними та засобами побудови математичних моделей M . Множина застосовних методів побудови ММ процесу позначатиметься $\vec{M}_k \in M$ і буде залежною від наявного набору даних для побудови моделей (2):

$$\vec{M}_k = C[M, y \text{ def } Y_k, x \text{ def } X_k, v \text{ def } V_k] \quad (2)$$

де def визначає операцію відбору відомих значень які будуть використані для побудови ММ. Таке визначення вибору множини методів побудови ММ обґрунтовано тим, що при великій кількості даних можна для регресії використати методи на основі апроксимації або нейронні мережі. При малому наборі даних вибір звужується до вибору між методом найменших квадратів, сплайнів або інтерполяційних операцій. Відповідно до цього, операція фільтрування допустимих методів (2) є необхідною, і при доповненні бази знань, методи математичного моделювання можуть змінюватися. Вибір методу з допустимих F може бути покладено на людину або виконуватися автоматично за заздалегідь внесеними пріоритетами. Фактично, експертна система (ЕС) міститиме в собі вкладену (ЕС) математичного моделювання та алгоритмів пошуку максимумів та мінімумів на ній. Результатом дії такої системи є готова математична модель (3):

$$f : \left[\vec{M}_k, y, x, v \right] \quad (3)$$

де f – функція яка використана в (1).

Нерідко ТП є складовими складних, багатоетапних, технологій відновлення або зміцнення поверхонь деталей. В такому випадку поверхня під час обробки не приймає на виході значення Y_k , а відбувається перетворення властивостей поверхні $\vec{Y}_k \rightarrow \vec{Y}_{k+1}$, при цьому на результат можуть впливати вхідні властивості, як при шліфуванні, або можуть й не впливати, як при електродуговому напиленні (ЕДН). Тому для узагальненої моделі ТП, модель (1) потрібно доповнити

явно вхідними параметрами поверхні, що з врахуванням (2) та (3) надає наступний вираз:

$$\vec{Y}_k = F \left[C \left[M, y, x, v \right] \left(\vec{X}_k, \vec{V}_k, \vec{Z}_k, \vec{R}_k, \vec{Y}_{k-1} \right) \right] \quad (4)$$

Вказані зауваження та доповнення вимагають внесення змін до діаграми руху інформації (рис. 1) в ЕС наступним чином (рис. 2)

III ВИСНОВОК

В роботі запропонована формалізація підмножини абстрактних експертних систем для забезпечення оптимізації ланцюга технологічних процесів, як надбудова експертної системи над експертними системами окремих технологічних процесів.

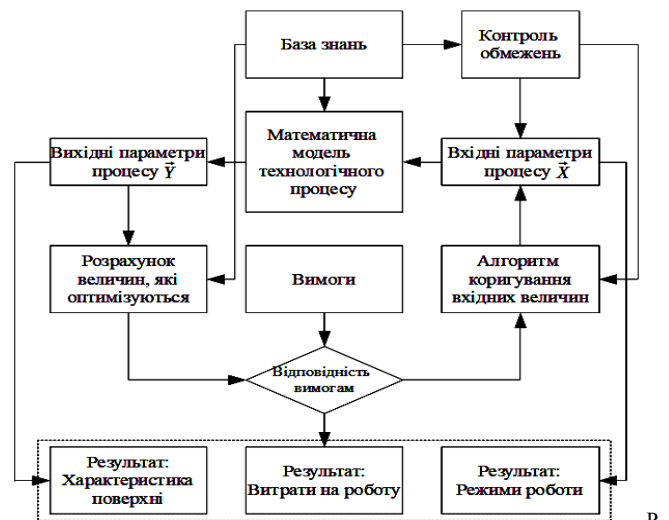


рис. 1. Діаграма потоку інформації в реалізації ЕС оптимізації процесу зміцнення та відновлення поверхонь валів ЕДН

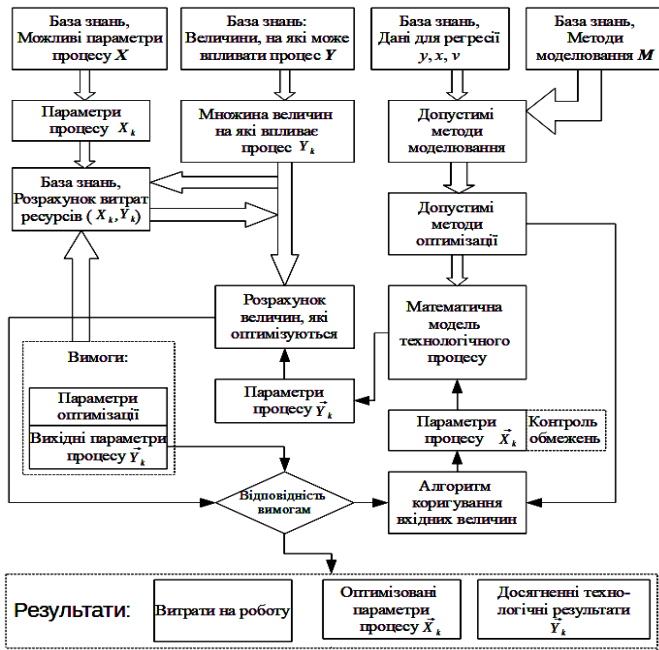


Рис. 2. Діаграма потоку інформації в реалізації узагальноної k-ї експертної системи оптимізації технологічного процесу

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] В. В. Лимаренко, «Інформаційна система підтримки рішень для автоматизації створення технологічних процесів механообробки деталей високоточного обладнання», дисертація канд. техн. наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2019/
- [2] К.І. Скрипка, та М.А. Зенкін, «Експертна система автоматизованого вибору способів відновлення спрацьованих деталей», Вісник ЖДТУ. Технічні науки, № 1 (28), с. 66-68, 2004.
- [3] Нахимович Е. Комплексный подход к решению задач по повышению долговечности и износостойкости материалов и деталей машин. Трение, износ и смазка. 2003 – 5. № 4. С. 61–64.
- [4] Посвятенко, Е.К., Дяченко С.С., Гончаров В.Г., Ткачук М.А., Шеремет В. Числове обґрунтування параметрів дискретного зміцнення високонавантажених деталей машин [Текст]. Збірник наукових праць "Вісник НТУ "ХПІ" : Машинознавство і САПР. Вестник НТУ "ХПИ". 2011. №51. ISBN 2079-0775
- [5] Соловых Е.К. О концептуальном подходе к повышению несущей способности упрочняющих защитных покрытий. Зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2011. Ч.2, Вип. 24. С.140–145.

Проблеми і Перспективи Практичного Застосування Інформаційної Технології Blockchain в Smart-Контрактах

Н.В. Шаронова

*кафедра інтелектуальних
комп'ютерних систем
Національний технічний
університет «Харківський
політехнічний інститут»
Харків, Україна
nvsharonova@ukr.net
ORCID 0000-0002-8161-552X*

І.В. Кириченко

*кафедра програмної інженерії
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
iryana.kyrychenko@nure.ua
ORCID 0000-0002-7686-6439*

Г.Ю. Терещенко

*кафедра програмної інженерії
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
hlib.tereshchenko@nure.ua
ORCID 0000-0001-8731-2135*

Problems and Prospects of Practical Application of Blockchain Information Technology in Smart-Contracts

N.V. Sharonova

*Department of Intelligent Computer
Systems
National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"
Kharkiv, Ukraine
nvsharonova@ukr.net
ORCID 0000-0002-8161-552X*

I.V. Kyrychenko

*Department of software engineering
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
iryana.kyrychenko@nure.ua
ORCID 0000-0002-7686-6439*

G.Y. Tereshchenko

*Department of software engineering
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
hlib.tereshchenko@nure.ua
ORCID 0000-0001-8731-2135*

Анотація—У світі сучасного бізнесу інформаційні технології займають важливе місце: практично кожен процес, як-то виробництво, логістика або ведення обліку, автоматизується. З появою технології Blockchain оптимізація процесів здійснення ділових угод стала можливою і привела до появи такого поняття як Smart-контракт. У статті розглядаються поняття Smart-контракту, його технологія і основні елементи, аналізується застосування у сфері логістики, а також виявляються головні переваги та недоліки. На основі цієї інформації робиться висновок про актуальність і подальші перспективи Smart-контрактів.

Abstract—In the world of modern business information technologies occupy an important place: virtually every process, such as production, logistics or accounting, is automated. With the advent of Blockchain technology, the optimization of business transaction processes became possible and led to the

emergence of such a concept as a Smart-contract. The article deals with the concept of Smart-contract, its technology and basic elements, analyzes the application in the field of logistics, as well as the main advantages and disadvantages. On the basis of this information, the conclusion is drawn on the relevance and future prospects of Smart-contracts.

Ключові слова—децентралізована система; blockchain; Smart-контракт; логістика; інформаційна технологія.

Keywords—decentralized system; blockchain; Smart-contract; logistics; information technology

I. ВСТУП

Blockchain - це технологія для зберігання підтверджених записів, що може застосовуватися у державному або приватному доступі, при передачі

фінансових операцій, документів, створенні Smart-контрактів, видачі власних токенів та надання NODA регуляторам та третім особам.

Blockchain може застосовуватися в різних сферах, пропонуючи компаніям різні переваги та інноваційні бізнес-моделі. Одне з найбільш перспективних напрямків – технологія Smart-контрактів. Сьогодні можна передбачити технологічний прорив у логістичній галузі шляхом створення прозорої системи взаємодії між усіма учасниками ринку. Децентралізована логістична платформа може запропонувати інноваційні рішення, які засновані на впровадженні технології blockchain в управлінні ланцюжками поставок. Це децентралізована система, яка використовує blockchain і складається з декількох інтелектуальних контрактів всередині блочного ланцюга і його власних токенів (якщо необхідно) [1, с. 34].

II. SMART-КОНТРАКТИ ТА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

Blockchain - це децентралізований цифровий реєстр транзакцій, що обробляються розподіленою або тимчасовою мережею. Щоб створити захищений запис, транзакція, яка називається “блоком”, передається кожному вузлу в мережі. Використовуючи криптографію, кожен вузол підтверджує транзакцію як дійсну, а потім кодує блок в “ланцюжок” з декількох транзакцій, які зберігає кожен вузол. Іншими словами, одна транзакція повинна бути перевірена, синхронізована і записана у всій мережі blockchain миттєво. Технологія Blockchain вперше потрапила в заголовки як основа для нових типів фінансових транзакцій, починаючи з біткойнов у 2009 році. Згідно з фінансовим консалтингом Greenwich Associates, фінансові та технологічні компанії інвестували близько 1 мільярда доларів в технологію Blockchain в 2016 році. До 2020 року професійна Мережа сервісів PwC очікує, що системи, засновані на blockchain, зменшать або усунуть безліч проблем для різних бізнес-транзакцій; приватні особи та компанії зможуть обмінюватися широким спектром оцифрованих або представлених в цифровому вигляді активів та матеріальних цінностей з ким-небудь.

Наприклад, транзакції з підтримкою ланцюжка блоків можуть революціонізувати ланцюжки поставок (логістику), які на базовому рівні становлять собою серію транзакцій, необхідних для доставки товару з місця на місце. Оскільки система дозволяє користувачам безпечно і надійно документувати транзакції, можна використовувати blockchain для створення і документування кожної транзакції в рамках розширеного ланцюжка поставок, від виробництва продукту до його розподілу, транспортування і продажу, що скорочує тимчасові затримки, додаткові витрати та людські помилки, які заважають ланцюгам поставок сьогодні.

Теоретична концепція Smart-контрактів виникла ще в 1994 році, завдяки Ніка Сабо, але втілення його ідеї стало можливим лише з появою технології blockchain. Зокрема,

практична реалізація Smart-контрактів стала можливою завдяки використанню таких елементів, як протокол децентралізованого консенсусу, криптографічна безпека і загальнодоступний відкритий реєстр.

Термін Smart-контракт описує комп'ютерний код, який автоматично виконує всю угоду або її частини. Код зберігається на платформі, побудованій на основі blockchain. Код може бути єдиним оголошенням про угоду між сторонами, або доповнює традиційний текстовий контракт і виконує лише певні положення, такі як переказ грошей стороною А стороні Б. Сам код реплікується на кілька вузлів blockchain, таким чином, користується перевагами blockchain: це безпека, збереження і незмінність. Реплікування також означає, що в міру додавання в blockchain кожного нового блоку код, по суті, може здійснитися. Якщо сторони ініціювали транзакцію і тим самим показали, що умови дотримані, це стане тригером, і код виконає якісь дії. Якщо ж транзакція не ініційована, то і код нічого не робить.

Поки що Smart-контракти найкраще підходять для автоматичного виконання транзакцій двох типів:

- оплата, що ініціюється певними подіями;
- накладення фінансових санкцій при невиконанні об'єктивних умов.

Коли розгорнутий контракт почав діяти, для виконання цих двох типів транзакцій не потрібно участі людей, в тому числі довірених власників умовного депонування або представників юридичної системи. Це дозволяє знизити накладні витрати на виконання і правозастосування при укладанні договірних угод.

Варто відзначити, що розумні контракти реагують лише на транзакції. Коли актив або валюта переводяться в програму, вона починає стежити за виконанням умов контракту. Як тільки вони будуть виконані, продавець отримує гроші, а покупець товар (послугу).

Елементами Smart-контракту є такі об'єкти:

- Предмет угоди. Програма повинна мати доступ до товарів або послуг, з приводу яких полягає контракт, і мати можливість автоматично дати або закрити до них доступ.
- Цифрові підписи. Всі учасники ініціюють угоду, підписуючи договір своїми секретними ключами.
- Умови угоди. Умови Smart-контракту в формі точної послідовності операцій. Усі учасники повинні підписати ці умови.
- Децентралізована платформа. Smart-контракт записується в блок ланцюга та розподілено зберігається на її вузлах [2].

Smart-контракти, наприклад, можуть позбавити від так званих касових розривів. Як тільки товар прибув на склад і зареєстрований, Smart-контракт здатний миттєво відправити запити на підтвердження. Отримавши їх, він

відразу переведе кошти від покупця продавцю. При цьому продавці отримають оплату швидше, їм не доведеться нагадувати клієнтам про необхідність заплатити, а покупці заощадають на банківських операціях. Все це може знизити вимоги до оборотного капіталу і спростити фінансові операції для обох сторін. Що стосується обов'язковості виконання, то Smart-контракт можна запрограмувати таким чином, щоб він закривав доступ до активів, що підключені через інтернет (наприклад, до контенту), поки не отримано оплату.

Корисним Smart-контракт буде в процесах логістики. Ланцюжок поставок зазвичай складається з багатьох ланок, проте кожна ланка має отримати підтвердження від попередньої, виконати свою частину контракту і передати інформацію далі. У традиційній практиці це забирає багато часу і знижує ефективність, а використання Smart-контрактів економить час і дозволяє відстежувати прогрес у реальному часі.

Одне з головних завдань Smart-контрактів - скоротити витрати на логістику, так щоб її частка в собівартості товару була мінімальна. Які існують питання? По-перше, проблема довіри. Контроль за перевезенням вантажів здійснюється, за запитом, до успішного завершення угоди. Всі дії фіксуються в blockchain, що виключає відносини не довіри між сторонами; Smart-контракт, який буде затверджений на початку відвантаження, автоматично виконає взаємний розрахунок відповідно до даних, що зберігаються в blockchain.

Токени будуть видаватися автоматично через Smart-контракт, а також підтвердження ризиків може бути сформовано шляхом інтеграції з банками та отримання Цінного паперу або отримання застави, страхування ризиків. Все це покликане зменшити ризик недобросовісної ділової практики або недійсних контрактів на постачання, відсутності зобов'язань у реальному часі та:

- усуненню непотрібних посередників;
- формуванню відповідальних і автоматизованих операторів;
- керувати процесом взаємних розрахунків онлайн;
- робота з документами, що супроводжують операції;
- онлайн відстеження місця розташування (GPS-відстеження) вантажів, транспортних засобів в режимі 24/7, що за допомогою технології blockchain;
- швидко знайти відповідний транспорт для доставки;
- знайти вантаж для перевізника;
- гарантований платіж усім учасникам платформи;
- гарантувати якість замовлення;

- не витрачати час на постійно діючі процеси та автоматизувати деякі з них;
- автоматизація та алгоритмізація основних постійних процесів;
- утворювати відкриті або закриті (конфіденційні) ланцюги поставок;
- зменшити юридичні витрати;
- зменшити транспортні витрати вантажовідправника;
- зменшити людський фактор і витрати для всіх учасників платформи;
- навантаження транспортних засобів і зменшення порожнього пробігу;
- контролювати стан водіїв і моменти відвантаження / приймання вантажу;
- безумовне виконання Smart-контракту та зобов'язань;
- отримати аналіз і обмін пропозиціями вантажів і відвантажень, власників автотранспорту і професійних учасників ринку транспортних послуг;
- сформувати базу "довірих" постачальників і вантажовласників.

На даний момент комісія за посередницькі послуги при перевезеннях складає в середньому від 10 до 45% від загальної суми замовлення. Водночас формування цієї суми та її зміна не контролюються замовником жодним чином. Більшість ризиків у логістичній галузі пов'язані з фінансовими розрахунками та якістю виконання зобов'язань вантажними перевізниками, а також передачею інформації, яка може бути помилковою або неповною. Уникнення роботи з централізованими службами та застосування технологій Smart-контрактів і blockchain забезпечать прозорість ринку логістики. Формування комісії стане прозорим, а ціни на послуги зменшаться через відкриту та прозору взаємодію всіх учасників ланцюгів поставок. IT-рішення дозволить значно скоротити час, фінансові та людські ресурси, залучені до процесу транспортування. Разом з тим, нові ринки відкриватимуться для перевізників, а платформа може стати доступною не тільки одному клієнту, але й бути стандартом якості транспортно-логістичних послуг, що надаються на ринку [3, с. 15].

При реалізації blockchain в ланцюжку поставок навіть в самій базовій версії технологія забезпечить:

- можливість відстежити товар від місця походження до кінцевого користувача, захистити покупця від підробки й обману. Це дозволить покупцеві прийняти зважене рішення про покупку;

- децентралізація, яка дозволить всім сторонам ланцюжка поставок брати участь в процесі в режимі реального часу: моніторинг руху товарів і транспорту, заповнення документів у вигляді розумних договорів (зменшення ймовірності помилок і шахрайства), усунення незаконних ланок в ланцюжку поставок (контрафакція, контрабанда, використання рабської праці у виробництві).

Які існують проблеми впровадження blockchain в логістиці:

- усунення людей з роботи (скорочення робочих місць),
- правові засади (прийняття нормативних актів щодо впровадження Smart-контрактів);
- скептицизм щодо технології;
- складність координації учасників і стандартизації бізнес-процесів.

Натомість одне з головних властивостей смарт-контрактів – їх здатність автоматично і невинно виконувати транзакції без втручання людини. Однак автоматизація і той факт, що Smart-контракти можна змінити або перервати, тільки якщо сторони не передбачать такі можливості при створенні, – одні з головних складнощів, що заважають широкому розповсюдженню Smart-контрактів.

Наприклад, при звичайній текстовій угоді одна зі сторін може пробачити порушення з іншого боку і не змушувати її платити штраф. Припустимо, цінний клієнт запізнився з оплатою на місяць, і вендор вирішив, що довгострокові комерційні відносини важливіше, ніж будь-яке право розриву угоди або пені за прострочення. Але якщо в історії бере участь Smart-контракт, то вендор фізично не може ситуативно відмовитися від примусового виконання умов угоди. Затримка оплати призведе до автоматичного перерахунку пені з рахунку клієнта або до обмеження доступу до ПО або пристрою, якщо це передбачено в Smart-контракті. Автоматичне виконання не відповідає манері багатьох компаній вести бізнес.

Аналогічно при текстових договірних відносинах сторони можуть ситуативно домовитися, що часткове виконання угоди вважається повним виконанням. Наприклад, заради збереження все тих же довгострокових відносин – чи тому що сторони вирішили, що краще виконати угоду частково, чим не виконати зовсім. І об'єктивність, необхідна у випадку зі Smart-контрактом, може не відповідати реаліям взаємодії сторін.

Smart-контракти додають додаткові ризики, яких немає в більшості зафіксованих в тексті угод такі як: злом контракту, ненавмисні програмні помилки в коді або протоколі. Якщо врахувати відносну безпеку blockchain, ці концепції тісно взаємопов'язані. Тому сторонам, які

уклали Smart-контракт, потрібно розуміти, який ризик і відповідальність за ненавмисні помилки в коді і їх використання зловмисниками розподіляються між сторонами й, можливо, третьою стороною – розробниками або страховиками Smart-контракту.

III. ВИСНОВКИ

Хоча Smart-контрактам ще потрібно розвиватися, перш ніж вони стануть широко використовуватися в складних комерційних відносинах, все ж вони впливають на революцію в структурі винагороди та стимулюванні, яка визначить форму контрактів в майбутньому.

На основі розглянутого можна зробити висновок, що є досить переваг розумних контрактів. Основні з них полягають в наступному:

- Безпека. Smart-контракт зашифрований і зберігається на декількох пристроях, що гарантує захист від втрати або несанкціонованої зміни.
- Дешевизна та швидкість. Більшість процесів автоматизовано, а більшість посередників усунуто з процесу.
- Стандартизація. Сьогодні існує безліч варіантів Smart-контрактів, і можна вибрати потрібний для конкретного завдання [2].

Таким чином, технологія розумних контрактів – це досить зручний, простий і швидкий інструмент, що дозволяє реалізувати угоди різних видів і призначень. Напрямок Smart-контрактів досить перспективний, до того ж він розвивається з величезною швидкістю. Про це заявляють як самі користувачі, так і співробітники великих компаній, що спеціалізуються на криптовалютах. Зокрема, Гевін Вуд, СТО (Chief Technology Officer) Ethereum, заявив, що Smart-контракти можуть бути застосовні в будь-якій галузі, починаючи від медицини й автопрому і закінчуючи нерухомістю і законотворчістю. «Smart-контракти можуть кардинально змінити наше суспільство, ставши технічною базою для змін» [4].

Основна перевага впровадження технології blockchain у Smart-контрактах: забезпечення синхронізованого аудиту між партнерами та оптимізація процесів в режимі реального часу. Блокчейн підвищив рівень довіри у всьому ланцюжку і спростив процес прийняття рішень на кожному етапі, надаючи одноразовий доступ до інформації, яка дозволяє спільно прогнозувати процеси та дії [5, с. 42].

Впровадження технології blockchain для Smart-контрактів в логістиці забезпечить збереження даних, захистить сховища документів від злону, виключить можливість внесення змін в інформацію про хід перевезення. Така система, безумовно, може скоротити затримки при доставці та знизить ймовірність шахрайства, заощадивши мільярди доларів усім учасникам транспортного ланцюжка. За даними Світової організації торгівлі, усунення бар'єрів в ланцюжку міжнародних поставок товарів дозволить збільшити

світовий ВВП на 5%, а загальний обсяг перевезень на 15%.

Очікується, що до 2020-го року системи, засновані на blockchain, зменшать або усунуть багато суперечностей для різних бізнес-транзакцій.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Reed J. Smart Contracts: The Essential Guide to Using Blockchain Smart Contracts for Cryptocurrency Exchange / Jeff Reed., 2016. – 54 p.
- [2] Tar A., Smart Contracts, Explained [Електронний ресурс] // Cointelegraph: справ.-інформ. портал – Електрон. дан., 2017. – URL: <https://cointelegraph.com/explained/smart-contractsexplained>
- [3] Parker T. Smart Contracts: The Ultimate Guide To Blockchain Smart Contracts - Learn How To Use Smart Contracts For Cryptocurrency Exchange! / Terry Parker., 2016. – 30 p.
- [4] Rosic A., Smart Contracts: The Blockchain Technology That Will Replace Lawyers [Електронний ресурс] // Blockgeeks: інформ. портал. – Електрон. дан., 2017. – URL: <https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/>
- [5] Bock S. Blockchain: Bitcoin, Ethereum, Smart Contracts, Cryptocurrencies and Everything about the Fintech Explained / Shane Bock., 2017. – 66 p.

Локальные Биквадратные Сплайны и Их Приложения

Олександр Шумейко
кафедра програмного забезпечення
Дніпровський державний технічний університет
Кам'янське, Україна
shumeikoalex@gmail.com

Дмитро Кравцов
Scientific centre
Noosphere
Дніпро, Україна
kravtsov@noosphere.com

Local Biquadratic Splines and Their Applications

Oleksandr Shumeiko
dept. of Software
Dniprovsk State Technical University
Kamianske, Ukraine
shumeikoalex@gmail.com

Dmytro Kravtsov
Scientific centre
Noosphere
Dnipro, Ukraine
kravtsov@noosphere.com

Аннотация—Работа посвящена построению локальных почти интерполяционных биквадратных сплайнов. Построен итерационный процесс получения локальных сплайнов, сходящихся к интерполяционным с любой степенью точности. Приведены примеры использования полученных сплайнов, в частности, в задачах компьютерной графики.

Abstract—This work is devoted to the creation of local near interpolating biquadratic splines. An iterative process for obtaining of local splines that converge to interpolating splines with any given accuracy is created. Examples of application of the obtained splines by example of computer graphics problems are given.

Ключевые слова—сплайны; тензорное произведение сплайнов; ресемплинг изображений; описание поверхностей

Keywords—splines; tensor product of splines; image resampling; surface approximation

I. ВВЕДЕНИЕ

Сплайны являются одним из наиболее популярных инструментов описания кривых и поверхностей [1], среди которых наиболее используемыми являются интерполяционные сплайны минимального дефекта. В частности, для описания поверхностей применяют тензорное произведение одномерных сплайнов, что позволяет существенно упростить инструментарий, но использование нелокальных сплайнов приводит к необходимости решения систем линейных уравнений. В работе предложена одна конструкция локальных биквадратных сплайнов, асимптотически совпадающих с интерполяционными.

II. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Вначале введем несколько обозначений, необходимых в дальнейшем.

A. Сплайны по равномерной решетке

Сплайнами называют кусочно-полиномиальные функции с однородной структурой [2]-[4]. Наиболее распространенный и исторически наиболее ранний пример сплайна – ломаная. Сплайны обладают рядом замечательных свойств, которые обеспечили им успех в различных приложениях. Так, в сравнении с классическими аппаратами приближения функций, сплайны обладают лучшими аппроксимативными свойствами.

Сплайном минимального дефекта порядка r по заданному разбиению называется $r-1$ раз непрерывно дифференцируемая функция $s_r(t)$, которая на каждом интервале $(ih, (i+1)h)$ ($i=0, \pm 1, \pm 2, \dots$) является многочленом степени не выше r .

Отметим, что на множестве сплайнов порядка r ($r \geq 0$) существует сплайн тождественно равный нулю и сплайн тождественно равный единице.

Отсюда и из того, что произведение многочлена степени r на число a есть многочлен той же степени, если $a \neq 0$ и тождественный ноль при $a=0$, а также из того, что сумма многочленов степени $n \leq r$ и $m \leq r$ есть многочлен степени не выше r , получаем, что множество всех сплайнов степени r по разбиению Δ_h есть линейное пространство.

Таким образом, если $S_r(\Delta_h)$ – множество всех сплайнов минимального дефекта по разбиению Δ_h , и

$$\sigma_{r,i} \in S_r(\Delta_h) \quad i=0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

то линейная комбинация функций $\sigma_{r,i}$ также будет лежать в множестве $S_r(\Delta_h)$, т.е.

$$\sum_i c_i \sigma_{r,i} \in S_r(\Delta_h).$$

В. В-сплайны

В-сплайн представляет собой сплайн с минимальным носителем для фиксированной степени сплайна и порядка гладкости. Ценность В-сплайнов состоит в том, что любой сплайн заданной степени и гладкости можно записать в виде линейной комбинации соответствующих В-сплайнов. То есть, В-сплайн представляет собой "кирпичик", с помощью которого можно построить сплайн с заданными свойствами ([2]-[4]).

Параболический В-сплайн выглядит следующим образом

$$B_{2,h}(t) = \begin{cases} 0.125(3-2t/h)^2 & (t \in [h/2, 3h/2]), \\ 0.75-0.25(2t/h)^2 & (t \in [-h/2, h/2]), \\ 0.125(3+2t/h)^2 & (t \in [-3h/2, -h/2]), \\ 0 & (|t| \geq 3h/2), \end{cases}$$

и график функции $B_{2,h}(t)$ имеет вид (рис. 1)

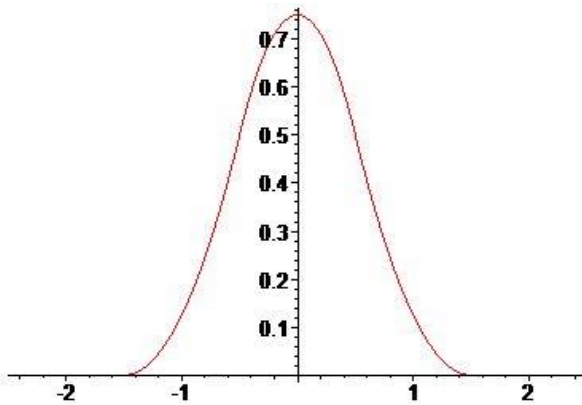


Рис.1. В-сплайн второго порядка.

и, соответственно, параболический сплайн минимального дефекта по разбиению Δ_h можно записать в виде

$$s_{2,h}(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} c_i B_{2,h}(t - (2i+1)h/2). \quad (1)$$

Ясно, что для любых чисел c_i сужение сплайнов (1) на отрезок $[0, T]$ (где $T=nh$) есть сплайн, кроме того, при любом конкретном $t \in (ih, (i+1)h)$ в представлении (1)

используется лишь три слагаемых. Это позволяет записать сплайны (1) в виде

$$s_{2,h}(t) = \sum_{i=1}^{n+1} c_i B_{2,h}(t - (2i+1)h/2)$$

и для $t \in (ih, (i+1)h)$

$$s_{2,h}(t) = \frac{c_{i+1} + 6c_i + c_{i-1}}{8} + \frac{c_{i+1} - c_{i-1}}{2h}(i-ih) + \frac{c_{i+1} - 2c_i + c_{i-1}}{2h^2}(i-ih)^2.$$

Для того, чтобы алгоритм работал, необходимо доопределить точки

$$(-2h, c_{-2}), (-h, c_{-1}), ((n+1)h, c_{n+1}), ((n+2)h, c_{n+2}).$$

Определим коэффициенты α , β и γ из условия минимума суммы квадратов ошибок

$$\Phi(\alpha, \beta, \gamma) = \sum_{i=0}^4 (c_i - p(i))^2,$$

где $p(t) = \alpha t^2 + \beta t + \gamma$ и положим $c_{-1} = p(-1)$, $c_{-2} = p(-2)$.

Необходимые и достаточные условия экстремума имеют вид

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi}{\partial \alpha} = 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial \beta} = 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial \gamma} = 0 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^4 p(i) \cdot i^2 = \sum_{i=0}^4 c_i \cdot i^2, \\ \sum_{i=0}^4 p(i) \cdot i = \sum_{i=0}^4 c_i \cdot i, \\ \sum_{i=0}^4 p(i) = \sum_{i=0}^4 c_i, \end{cases}$$

Решая эту систему, и, подставляя найденные значения α , β , γ в $p(t)$, получим

$$c_{-1} = \frac{1}{70}(126c_0 - 56c_2 - 42c_3 + 42c_4), \quad (2)$$

$$c_{-2} = \frac{1}{35}(105c_0 - 14c_1 - 63c_2 - 42c_3 + 49c_4). \quad (3)$$

Аналогично находим

$$c_{n+1} = \frac{1}{70}(126c_n - 56c_{n-2} - 42c_{n-3} + 42c_{n-4}), \quad (4)$$

$$c_{n+2} = \frac{1}{35}(105c_0 - 14c_{n-1} - 63c_{n-2} - 42c_{n-3} + 49c_{n-4}). \quad (5)$$

С. Тензорное произведение пространств

Пусть U – линейное пространство функций, определенных на некотором множестве X со значениями в области действительных чисел и V – линейное пространство функций, определенных на некотором множестве Y со значениями в пространстве R . Для любых функций $u \in U$ и $v \in V$ соотношение

$$w(x, y) = u(x)v(y)$$

для всех $(x, y) \in X \times Y$ определяет функцию на плоскости $X \times Y$, которая называется тензорным произведением функций u и v и обозначается $u \otimes v$. Множество всех конечных линейных комбинаций функций на плоскости $X \times Y$ вида $u \otimes v$ называется тензорным произведением U и V и обозначается $U \otimes V$, таким образом

$$U \otimes V = \left\{ \sum_{i=1}^n c_i (u_i \otimes v_i) : c_i \in R, u_i \in U, v_i \in V, i = 1, \dots, n \right\}$$

и $U \otimes V$ является линейным пространством, определенным на плоскости $X \times Y$.

Пусть $U = P_N$ – пространство алгебраических полиномов порядка N , определенных на оси действительных чисел $X = R$, и $V = P_M$ – пространство алгебраических полиномов порядка M на $Y = R$. Тогда $U \otimes V$ – это линейное пространство $P_{N,M}$, элементами которого являются полиномы двух переменных, степени не выше N по первой переменной и не выше M по второй, область определения которых – плоскость $X \times Y = R^2$.

III. ОСНОВНОЙ РЕЗУЛЬТАТ

Рассмотрим описание поверхности тензорным произведением В-сплайнов, заданных на квадратной решетке (ih, jh) , где $(i, j) \in Z^2$.

Биквадратный сплайн минимального дефекта s с узлами в точках (ih, jh) назовем интерполяционным для функции f с ограниченными значениями $f_{i+1/2, j+1/2}$ в точках $((i+1/2)h, (j+1/2)h)$, если $f_{i+1/2, j+1/2} - S_{i+1/2, j+1/2} = 0$.

Поверхность $S_{r,s}(u, v)$, описываемая тензорным произведением В-сплайнов, имеет вид

$$S_{r,s}(P, u, v) = \sum_{(i,j) \in Z^2} P_{i,j} \cdot N_{r,s}(u-ih, v-jh),$$

где $(u, v) \in R^2$ и

$N_{r,s}(u-ih, v-jh) \equiv B_r(u-ih)B_s(v-jh)$ нормализованное тензорное произведение В-сплайнов порядка rs по решетке с узлами (i, j) .

Рассмотрим биквадратные сплайны $S_{2,2}(P, u, v)$. График функции $N_{2,2}(u, v)$ выглядит следующим образом (рис. 2)

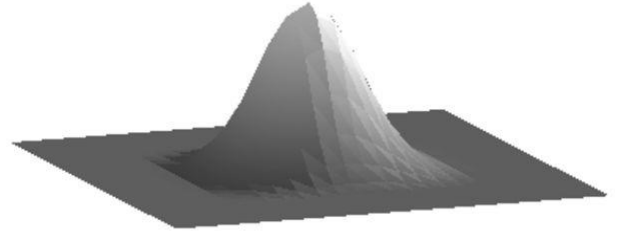


Рис.2 График функции $N_{2,2}(u, v)$.

Используя вид параболического В-сплайна, для $(u, v) \in [ih, jh] \times [(i+1)h, (j+1)h]$ получаем

$$\begin{aligned} S_{2,2}(P, u, v) &= \sum_{(i,j) \in Z^2} P_{i,j} \cdot N_{2,2}(u-ih, v-jh) = \\ &= P_{i,j} \frac{1 + 2\frac{u-ih}{h} - 2\left(\frac{u-ih}{h}\right)^2}{2} \cdot \frac{1 + 2\frac{v-jh}{h} - 2\left(\frac{v-jh}{h}\right)^2}{2} + \\ &+ P_{i-1,j} \frac{\left(1 - \frac{u-ih}{h}\right)^2}{2} \cdot \frac{1 + 2\frac{v-jh}{h} - 2\left(\frac{v-jh}{h}\right)^2}{2} + \\ &+ P_{i+1,j} \frac{\left(\frac{u-ih}{h}\right)^2}{2} \cdot \frac{1 + 2\frac{v-jh}{h} - 2\left(\frac{v-jh}{h}\right)^2}{2} + \\ &+ P_{i,j-1} \frac{1 + 2\frac{u-ih}{h} - 2\left(\frac{u-ih}{h}\right)^2}{2} \cdot \frac{\left(1 - \frac{v-jh}{h}\right)^2}{2} + \\ &+ P_{i-1,j-1} \frac{\left(1 - \frac{u-ih}{h}\right)^2}{2} \cdot \frac{\left(1 - \frac{v-jh}{h}\right)^2}{2} + \\ &+ P_{i+1,j-1} \frac{\left(\frac{u-ih}{h}\right)^2}{2} \cdot \frac{\left(1 - \frac{v-jh}{h}\right)^2}{2} + \\ &+ P_{i,j+1} \frac{1 + 2\frac{u-ih}{h} - 2\left(\frac{u-ih}{h}\right)^2}{2} \cdot \frac{\left(\frac{v-jh}{h}\right)^2}{2} + \end{aligned}$$

$$+P_{i-1,j+1} \frac{\left(1 - \frac{u-ih}{h}\right)^2 \left(\frac{v-jh}{h}\right)^2}{2} +$$

$$+P_{i+1,j+1} \frac{\left(\frac{u-ih}{h}\right)^2 \left(\frac{v-jh}{h}\right)^2}{2}.$$

В матричной форме это будет иметь следующий вид

$$S_{2,2}(P,u,v) = \begin{bmatrix} 1 & \frac{v-ih}{h} & \left(\frac{v-ih}{h}\right)^2 \end{bmatrix} M_{2,2} P_{2,2} M_{2,2}^T \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{u-jh}{h} \\ \left(\frac{u-jh}{h}\right)^2 \end{bmatrix}$$

где $M_{2,2}$ – матрица размера 3×3

$$M_{2,2} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -2 & 2 & 0 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_{2,2} = \begin{bmatrix} P_{i-1,j-1} & P_{i,j-1} & P_{i+1,j-1} \\ P_{i-1,j} & P_{i,j} & P_{i+1,j} \\ P_{i-1,j+1} & P_{i,j+1} & P_{i+1,j+1} \end{bmatrix}$$

Отсюда сразу получаем значение в точке $((i+1/2)h, (j+1/2)h)$:

$$S_{2,2}\left(P, \left(i + \frac{1}{2}\right)h, \left(j + \frac{1}{2}\right)h\right) =$$

$$= \frac{9}{16} P_{i,j} + \frac{3}{32} (P_{i,j+1} + P_{i,j-1} + P_{i+1,j} + P_{i-1,j}) +$$

$$+ \frac{1}{64} (P_{i-1,j+1} + P_{i-1,j-1} + P_{i+1,j+1} + P_{i+1,j-1}) = P_{i,j} - \frac{1}{64} \Delta P_{i,j}, \quad (6)$$

где

$$\Delta P_{i,j} = 28P_{i,j} - 6(P_{i,j+1} + P_{i,j-1} + P_{i+1,j} + P_{i-1,j}) -$$

$$- (P_{i-1,j+1} + P_{i-1,j-1} + P_{i+1,j+1} + P_{i+1,j-1}).$$

Пусть поверхность f задана точками

$$f_{i+1/2,j+1/2} = f((i+1/2)h, (j+1/2)h), \quad (i,j=0,\pm 1,\pm 2,\dots)$$

и

$$P_{i,j} = P_{i,j}(f) = f_{i+1/2,j+1/2} - \sum_{v=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{64}\right)^v \Delta^v f_{i+1/2,j+1/2}, \quad (7)$$

где $\Delta^v f_{i+1/2,j+1/2} = \Delta(\Delta^{v-1} f_{i+1/2,j+1/2})$. Отсюда и из (6) получаем

$$S_{2,2}\left(f, \left(i + \frac{1}{2}\right)h, \left(j + \frac{1}{2}\right)h\right) = f_{i+1/2,j+1/2} -$$

$$- \sum_{v=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{64}\right)^v \Delta^v f_{i+1/2,j+1/2} - \frac{1}{64} \Delta \left(f_{i+1/2,j+1/2} - \sum_{v=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{64}\right)^v \Delta^v f_{i+1/2,j+1/2} \right) =$$

$$= f_{i+1/2,j+1/2} - \sum_{v=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{64}\right)^v \Delta^v f_{i+1/2,j+1/2} - \frac{1}{64} \Delta f_{i+1/2,j+1/2} +$$

$$+ \sum_{v=2}^{\infty} \left(-\frac{1}{64}\right)^v \Delta^v f_{i+1/2,j+1/2} = f_{i+1/2,j+1/2} - \sum_{v=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{64}\right)^v \Delta^v f_{i+1/2,j+1/2} +$$

$$+ \sum_{v=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{64}\right)^v \Delta^v f_{i+1/2,j+1/2} = f_{i+1/2,j+1/2}.$$

Таким образом, если коэффициенты сплайна $P_{i,j}$ определены равенствами (7), то для всех (i,j) выполняются равенства

$$S_{2,2}(f, (i+1/2)h, (j+1/2)h) = f_{i+1/2,j+1/2},$$

т.е. при задании коэффициентов равенствами (6) сплайн $S_{2,2}(f,u,v)$ интерполирует функцию f в равноотстоящих точках $((i+1/2)h, (j+1/2)h)$.

Пусть

$$P_{i,j} = P_{i,j}(f) = f_{i+1/2,j+1/2} - \sum_{v=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{64}\right)^v \Delta^v f_{i+1/2,j+1/2},$$

соответствующий сплайн обозначим через

$$S_{2,2}^l(P,u,v) = \sum_{(i,j) \in \mathbb{Z}^2} P_{i,j}^l \cdot N_{2,2}(u-ih, v-jh).$$

Тогда

$$S_{2,2}^l\left(f, \left(i + \frac{1}{2}\right)h, \left(j + \frac{1}{2}\right)h\right) = f_{i+1/2,j+1/2} + \frac{1}{4096} \Delta^2 f_{i+1/2,j+1/2}.$$

Если функция $f(u,v)$ имеет все непрерывные производные до четвертого порядка включительно, то существует точка $(u_0, v_0) \in [ih, jh] \times [(i+1)h, (j+1)h]$ такая, что

$$S_{2,2}^l\left(f, \left(i + \frac{1}{2}\right)h, \left(j + \frac{1}{2}\right)h\right) = f_{i+1/2,j+1/2} +$$

$$+ \frac{3}{8} h^4 \left(\frac{\partial^4 f}{\partial u^4} \Big|_{(u_0, v_0)} + 2 \frac{\partial^4 f}{\partial u^2 \partial v^2} \Big|_{(u_0, v_0)} + \frac{\partial^4 f}{\partial v^4} \Big|_{(u_0, v_0)} \right). \quad (8)$$

В работе [5] показано, что если $f(x,y) \in C^6(\mathbb{R}^2)$, то

$$f_{i,j} - s_{i,j} = \frac{h^4}{128} \left(\frac{\partial^4 f}{\partial x^4} \Big|_{(ih,jh)} + \frac{\partial^4 f}{\partial y^4} \Big|_{(ih,jh)} \right) + O(h^6), h \rightarrow 0. \quad (9)$$

То есть, сплайн $S_{2,2}^I$ асимптотически совпадает с интерполяционным биквадратным сплайном s .

Мы рассматривали биквадратные сплайны, заданные на всей плоскости R^2 . Пусть $\Omega = [0, Hh] \times [0, Wh]$ – прямоугольник с квадратной решеткой шага h .

Тогда для получения интерполяционного биквадратного сплайна нужно решать систему из $H \times W$ линейных уравнений. Из соотношений (8) и (9) ясно, что сплайны $S_{2,2}^I$ асимптотически совпадают с интерполяционными и без существенной потери точности вместо интерполяционных сплайнов можно использовать сплайны $S_{2,2}^I$.

Однако, как и в одномерном случае, нужно провести пополнение исходных данных значениями

$$P_{-1,j}^I, j = 0, \dots, W; \quad P_{-2,j}^I, j = 0, \dots, W;$$

$$P_{H+1,j}^I, j = 0, \dots, W; \quad P_{H+2,j}^I, j = 0, \dots, W;$$

и

$$P_{i,-1}^I, i = 0, \dots, H; \quad P_{i,-2}^I, i = 0, \dots, H;$$

$$P_{i,W+1}^I, i = 0, \dots, H; \quad P_{i,W+2}^I, i = 0, \dots, H;$$

Для одномерного случая задача построения почти интерполяционных параболических сплайнов была рассмотрена в работе [4].

IV. ПРИМЕР

Предложенный метод описания поверхностей опирается на требование гладкости аппроксимируемой поверхности. Приведем пример, иллюстрирующий преимущества данного подхода даже для данных, далеких от непрерывности – для изображений.

Идея проведенного эксперимента состоит в следующем: рассмотрим пиксели изображения (по каждой цветовой компоненте – red, green, blue) как исходные данные точек поверхности $\{P_{i,j}\}$, по этим данным построим сплайн $S_{2,2}(P^I)$, с этого сплайна по регулярной решетке, отличной от оригинальной, снимем значения. По сути, получим изображение с другими геометрическими размерами. К полученному новому изображению вновь построим новый сплайн и выберем решетку, позволяющую получить изображение с оригинальными размерами. Результатом проведенных действий будут два изображения одного и того же размера: одно – оригинальное, а другое – с помехами, внесенными, вначале, при использовании сплайна $S_{2,2}(P^I)$, а потом – при возврате к исходному размеру. Ясно, что чем меньше отличаются эти два изображения один от другого, тем лучше метод аппроксимации описывает исходные данные.

В качестве критерия похожести будем рассматривать PSNR – пиковое отношение сигнала к шуму (peak signal-to-noise ratio). Эта характеристика является критерием отличия двух сигналов, которое равно отношению максимума возможного значения сигнала и мощностью шума, искажающего значения сигнала. PSNR наиболее часто используется для измерения уровня искажений при обработке изображений и для двух изображений I, J одного и того же размера $H \times W$ равно

$$PSNR(I, J) = 20 \log_{10} \frac{255}{\sqrt{\frac{1}{H \times W} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} (I(i, j) - J(i, j))^2}}.$$

Чем выше это значение, тем меньше эти изображения отличаются одно от другого.

Для проведения экспериментов использовалась коллекция TID2008 [6] (рис. 3), которая создана Eastman Kodak и используется для тестирования и проверки качества различных методов обработки изображений, к которой было добавлено изображение Lenna (последнее в приведенной коллекции), которое является, по сути, стандартом для такого рода задач.

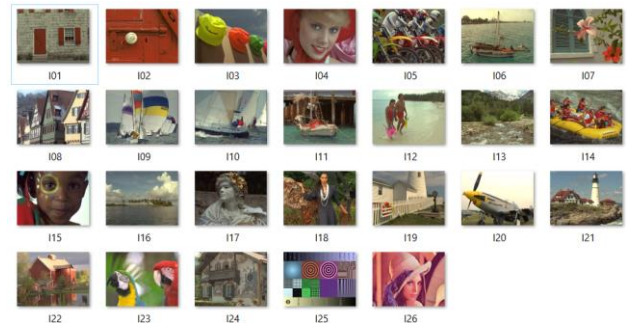


Рис. 3. Используемая для тестирования коллекция.

Приведенные результаты получены при последовательном увеличении тестового изображения в два раза, после чего оно приводилось к исходному размеру тем же способом, которым увеличивалось. Получившееся изображение сравнивалось с оригиналом.

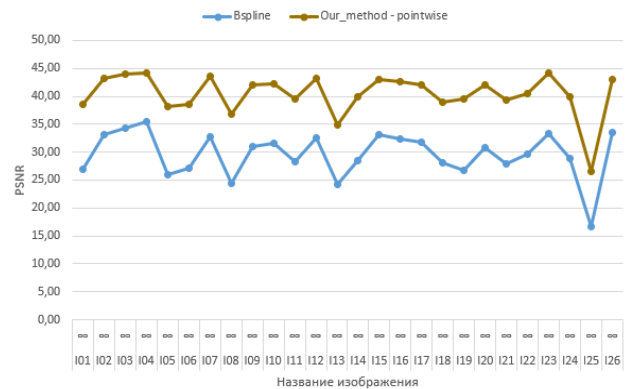


Рис.4. Сравнение PSNR при использовании сплайнов $S_{2,2}(P')$ и $S_{2,2}(P)$.

На рис. 4 показано, как сказывается использование сплайна $S_{2,2}(P')$ вместо $S_{2,2}(P)$.

Естественно сравнить полученный результат и с другими методами изменения геометрических размеров изображений (Image Resampling) (рис. 5)

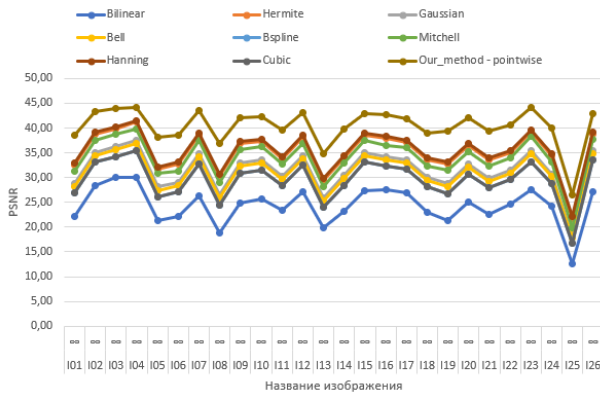


Рис. 5. Сравнение различных методов ресемплинга изображений.

Заметим, что среди используемых методов нет метода Ланцоша [7] (Lanczos resampling), который опирается на оконное преобразование функции

$$\text{sinc}(x) = \frac{\sin \pi x}{\pi x}$$

Эта функция обладает замечательным свойством слабой сходимости к δ -функции Дирака.

Применение фильтра Ланцоша позволяет добиться высокой чёткости изображения, но при обработке возможно появление нежелательных артефактов. Это искажение заключается в появлении вокруг контрастных переходов яркости узких контрастных ореолов (рис. 6).

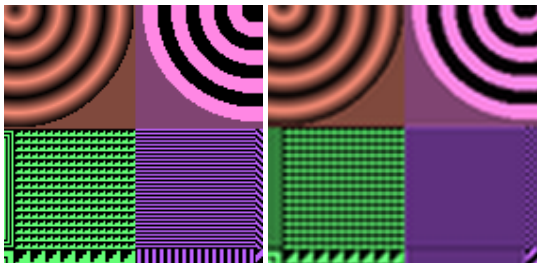


Рис. 6. Пример ореолов при последовательном сжатии и увеличении изображения в два раза по методу Ланцоша (слева – оригинал, справа – обработанное изображение).

Возникновение этих ореолов обусловлено тем, что при некоторых значениях аргумента ядро Ланцоша принимает отрицательные значения. Поэтому обработанный сигнал может принимать даже отрицательные значения при положительных значениях выборки. Предложенный нами метод свободен от таких недостатков (рис. 7).

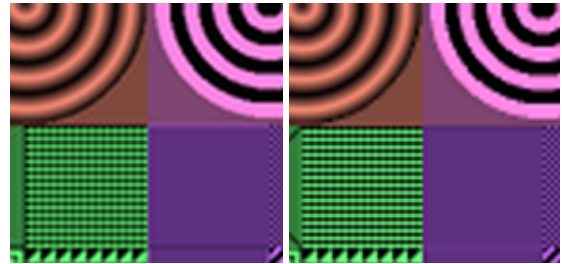


Рис. 7. Сравнение сжатия и увеличения изображения в два раза методом Ланцоша и предложенным методом (слева – Ланцош, справа – предложенный метод).

V. ВЫВОДЫ

Предложенный метод построения сплайнов позволяет построить локальный метод как угодно близко совпадающий с интерполяционными сплайнами минимального дефекта. Проведенные эксперименты показали высокую эффективность полученной аппроксимационной конструкции.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Lancaster P. Curve and Surface Fitting. An Introduction / P.Lancaster, K.Salkauskas .— Calgary: Academic Press, 1990 .— 280 p.
- [2] Де Бор К. Практическое руководство по сплайнам / К.Де Бор .— М: Радио и связь, 1985 .— 303 с.
- [3] Корнейчук Н.П. Сплайны в теории приближения.-М.:Наука, 1984, 352 с.
- [4] Лигун А.А. Асимптотические методы восстановления кривых / А.А.Лигун, А.А.Шумейко .— К.: Изд. Института математики НАН Украины, 1997 .— 358 с.
- [5] Sakai M. Biquadratic Spline Approximations / M.Sakai, R.Usmani // RIMS, Kyoto Univ. .— 1984 .— №20 .— C.431-446.
- [6] TID2008: Tampere Image Database 2008 [Электронный ресурс] .— Режим доступа: <https://computervisiononline.com/dataset/1105138669>
- [7] Madhukar B.N., Narendra R. (2013) Lanczos Resampling for the Digital Processing of Remotely Sensed Images. In: Chakravarthi V., Shirur Y., Prasad R. (eds) Proceedings of International Conference on VLSI, Communication, Advanced Devices, Signals & Systems and Networking (VCASAN-2013). Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 258. Springer

О Связи Классических Моделей с Бинарной Классификацией Объектов в Нейронных Сетях Глубокого Обучения

Виктор Соловьев
*кафедра компьютерных систем
и сетей
Восточноукраинский нац.
университет им. В. Даля
Северодонецк, Украина
edemsvi@gmail.com*

Олег Рыбальский
*научно-исследовательская
лаборатория по проблемам
криминалистического обеспече-
ния и судебной экспертологии
Национальная академия внут-
ренних дел
Киев, Украина
rov_1946@ukr.net*

Вадим Журавель
*лаборатория исследований в
сфере информационных
технологий
Киевский научно-
исследовательский экспертно-
криминалистический центр МВД
Украины
Киев, Украина
fonoscopia@ukr.net*

Александр Шабля
*экспертная лаборатория
Одесский институт судебной
экспертизы Министерства
юстиции Украины
Одесса, Украина
alikh_shablya@gmail.com*

About Connection of Classic Models with Binary Classifica-Tion of Objects in the Neuron Networks of the Deep Learning

Victor Solovyov
*dept. of the computer systems and
networks
Eastukrainian Na-tional University
the name of V. Dal
Severodonezk, Ukrain
edemsvi@gmail.com*

Oleg Rybalskiy
*Scientifically-research laboratory
on the problems of the
criminalistics providing and ju-
dicial examination
National Academy of Internal
Affairs
Kyev, Ukrain
rov_1946@ukr.net*

Vadym Zhuravel
*Laboratory of re-searches in the
field of information technologies
Kyiv scientifically-research
expertly-criminalistics center
Ministries of Internal Affairs of
Ukraine
Kyev, Ukrain
fonoscopia@ukr.net*

Alexander Shablya
*expert laboratory
Odessa research institute of
judicial examinations of Ministry of
Justice of Ukraine
Odessa, Ukrain
alikh_shablya@gmail.com*

Анотація—Предложен и рассмотрен метод установления причинно-следственной связи между моделью бинарной классификации в нейронной сети глубокого обучения с закономерностями, выявляемыми этой сетью. Показано, что метод применим к объектам с высокой вероятностью правильной классификации.

Abstract— The method of establishment causally of inquisitional-connection is offered and considered between the model of binary classification in the neuron network of the deep learning with the conformities to law, exposed by this network. It is shown that a method is applicable to the objects with a high probability to correct classification.

Ключевые слова— большие данные, нейронная сеть глубокого обучения, бинарная классификация, модель, монтаж, цифровая фонограмма

Keywords—dataset, neuron network of the deep learning, binary classification, model, editing, digital phonogram

I. ВСТУПЛЕНИЕ

В последнее десятилетие нейронные сети глубокого обучения эффективно используются во многих задачах [1]. Большинство из решаемых с их помощью задач ранее решались путем создания физико-математических моделей, базирующихся на выявленных закономерностях. В ряде важных современных задач эффективность моделей на нейронных сетях существенно превзошла модели на основе классических подходов [2]. Именно поэтому при решении многих актуальных задач, требующих обработки больших массивов статистических данных (Big Data), начали использоваться системы на нейронных сетях глубокого обучения.

Обычно считают, что невозможность установления прямой причинно-следственной связи между результатами исследования на нелинейных моделях с тысячами, а иногда и с сотнями тысяч параметров, и объективно существующими закономерностями, является основным недостатком моделей на нейронных сетях. Это в большинстве случаев вызывает внутреннее неприятие этого подхода в среде специалистов во многих конкретных областях, воспитанных на классических физико-математических методах.

Вероятно, эта общепризнанная невозможность установления прямой связи модели с объективно существующими закономерностями является важнейшим фактором влияния на дальнейшее развитие систем на нейронных сетях. Мы полагаем, что это, пожалуй, не невозможность, а сложность, и для некоторых задач такая возможность существует.

Цель данной работы – демонстрация и обсуждение подхода, позволяющего выявлять подобную связь в ряде задач бинарной классификации.

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Демонстрация этого подхода проведена на конкретной важной задаче бинарной классификации,

относящейся к экспертизе материалов и аппаратуры цифровой звукозаписи – автоматического выявления следов монтажа фонограмм. Сначала для экспериментальной проверки возможности решения этой задачи были созданы большие массивы фрагментов пауз без монтажа и фрагментов пауз с локализованной точкой монтажа. Этот массив “больших данных” (dataset) содержал сотни тысяч фрагментов и создавался в автоматизированном компьютерном режиме.

Для его создания был разработан программный модуль, обеспечивший возможность настройки сложных нейронных сетей, необходимых для получения эффективных моделей бинарной классификации фрагментов пауз – с монтажом и без монтажа. Модуль построен на базе библиотеки глубокого обучения нейронных сетей keras (backend tensorflow). Использовалась полносвязная нейронная сеть до 50 нейронных слоев с прореживанием (dropout) и пакетной нормализацией. Решалась задача бинарной классификации на массиве dataset. В далее проиллюстрированных экспериментах фрагменты массивов пауз длительностью 20 мсек имели размерность 882.

Из общего массива всех фрагментов пауз были созданы тренировочный и тестовый массивы. Экспериментально определялась наибольшая эффективность, достигаемая на тестовом массиве в процессе обучения. Эта эффективность определялась наибольшей вероятностью правильной классификации фрагментов с монтажом и фрагментов без монтажа.

Процесс проведения эксперимента с использованием нейронной сети глубокого обучения проиллюстрирован на рис. 1. Как видно на рис. 1 эффективность, достигнутая на базе обучения за 400 эпох, на тестовом массиве составляет около 0,9. Такой результат достигнут в процессе обучения на компьютере с графическим адаптером.

Отметим, что практически любая система обучения нейронной сети позволяет на полученной модели оценить вероятность правильной классификации.



Рис.1. Графики эффективности обучения (тестовый и тренировочный массив)

В данном случае оценивается вероятность правильной классификации каждого фрагмента пауз без монтажа и с

монтажом, в зависимости от характеристик сигналов во фрагментах пауз. Так, на рис. 2 приведен график зависимости вероятности правильной классификации фрагментов пауз без монтажа и с монтажом от “пороговой” вероятности.

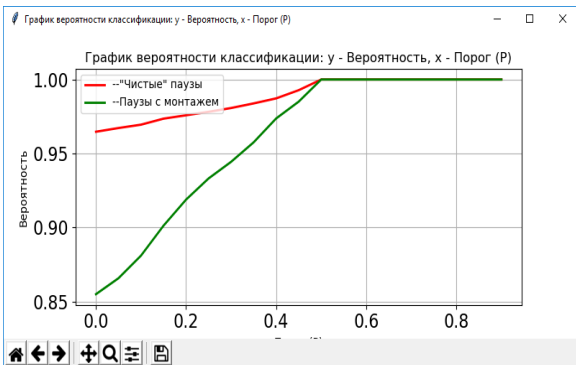


Рис.2. Графики эффективности классификации

Смысл этого графика (и “пороговой” вероятности) заключается в том, что он показывает вероятность правильной классификации фрагментов пауз с монтажом и без монтажа, при условии пренебрежения (пропуска) фрагментами с более низкой “пороговой” вероятностью. Такой подход важен для выяснения возможности применения полученных результатов при анализе реальных фонограмм с вероятными следами монтажа.

Известно, что одним из основных положений теории криминалистической идентификации и, естественно, правил экспертизы, является требование обязательного выделения идентификационных признаков в явном (наглядном) виде, а для данного конкретного случая – признаков монтажа. Поэтому, несмотря на сложность удовлетворения этим требованиям (учитывая особенности нейронных сетей глубокого обучения), была поставлена задача выявления закономерностей в структуре фрагментов пауз. Следовало выяснить, как проявляются закономерности, отличающие фрагменты пауз без монтажа от фрагментов с монтажом. Отметим, что использованная модель, примененный подход и графики, полученные при проведении предварительного эксперимента, способствовали принятию методического подхода, позволившего решить эту задачу. Важным результатом предварительного эксперимента стало то, что вероятность правильной классификации существенно отличается для фрагментов пауз с монтажом и без монтажа (рис. 2). Поэтому решение кроется в использовании фрагментов пауз (как с монтажом, так и без монтажа) с высокой вероятностью правильной классификации. Среди сотен тысяч фрагментов, подвергнутых классификации, достаточно часто встречаются фрагменты с вероятностью правильной классификации 0.999 и выше. Такие фрагменты выделялись в виде исходных данных и, на основе полученных данных и классических представлений об отличии характеристик пауз без монтажа и с монтажом, строились соответствующие графики характеристик для выделенных фрагментов. В соответствии с результатами

более ранних наших исследований на основе классических подходов, при соединении двух фрагментов разных пауз, в точке локализации монтажа происходят изменения сигналов в паузах, в частности, их спектрального и фрактального состава [3]. Для выявления в явном виде одной из форм, выделенных нейронной сетью, проводилось сканирование каждого фрагмента с монтажом временным окном примерно 20 мсек с шагом сканирования 1 мсек. В каждом окне в соответствии с формулами (1) и (2) соответственно рассчитывалась средневзвешенная частота и средневзвешенная амплитуда спектра.

$$F_s = \frac{\sum A_i(f) f_i}{\sum A_i(f)}, \quad (1)$$

$$A_s = \frac{\sum A_i(f) f_i}{\sum f_i}, \quad (2)$$

где $A_i(f)$ – амплитуда спектральной составляющей, выделенной на i шаге сканирования, f_i – частота спектральной составляющей, выделенной на i шаге сканирования.

На рис. 3 и рис. 4 представлена совокупность графиков изменения нормированных средне-взвешенной частоты F_{sn} и амплитуды A_{sn} для фрагмента паузы с монтажом с вероятностью правильной классификации, выше 0.999. Нормировка проводилась для приведения графиков к единой базе. Для этого для совокупностей F_s и A_s на интервале сканирования определялось математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение. После чего все данные нормировались путем вычитания математического ожидания из текущего значения функции и деления результата на среднее квадратическое отклонение.

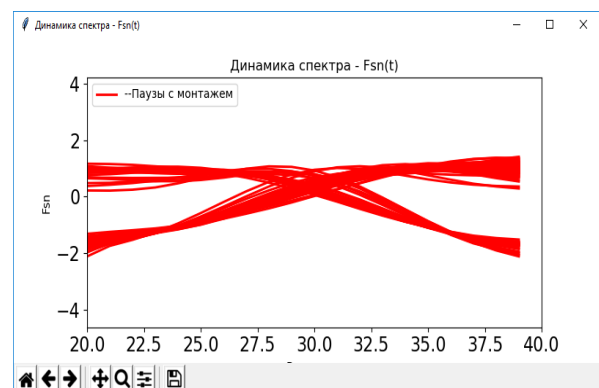


Рис.3. Динамика изменения нормированной средневзвешенной частоты F_{sn} паузы с монтажом

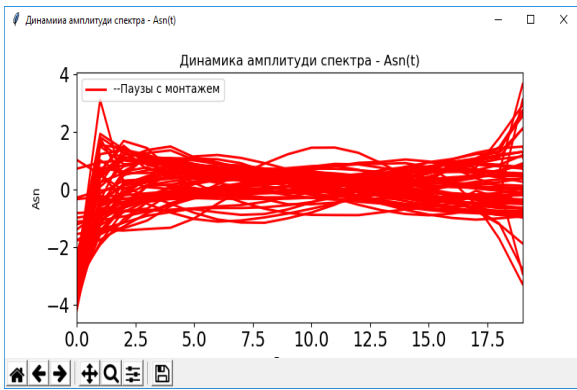


Рис. 4. Динамика изменения нормированной средневзвешенной амплитуды спектра A_{sn} паузы с монтажем

В то же время структура графиков для фрагментов пауз без монтажа, представленная на рис. 5 и рис. 6, принципиально отличается.

Графики на рис. 3 и рис. 4 фактически являются графической интерпретацией модели наличия монтажа во фрагменте паузы. При этом, учитывая связь полученных графиков с высокой вероятностью правильной классификации в рамках модели нейронной сети, можно утверждать, что модель наличия монтажа в данном графическом и физическом представлении нашла нейронная сеть. Динамика изменения средневзвешенного спектра и средневзвешенной амплитуды спектра соответствует классическому представлению изменений этих параметров при наличии монтажа в паузе.

Характер динамики изменения этих параметров во фрагментах пауз без монтажа, представленный на рис. 5 и рис. 6, соответствует модели Хаоса и случайных процессов. Эта модель динамики параметров при отсутствии следов монтажа также полностью соответствует классическим представлениям о физике объекта.

Может показаться, что мы “искусственно” и субъективно приняли определенную модель динамики изменения спектральных характеристик. Естественно, интерпретация классических представлений могла быть и в ином виде. Но, внимательный анализ указывает на то, что главным моментом проводимой идеи является задание высокой вероятности классификации и выделение соответствующих фрагментов пауз. Однако эти фрагменты, как и их динамика, выделены и получены нейронной сетью.

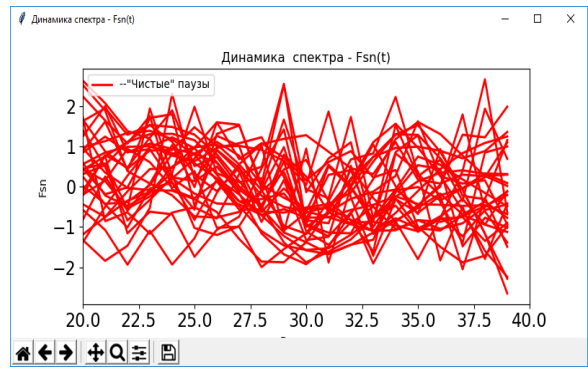


Рис. 5. Динамика изменения нормированной средневзвешенной частоты F_{sn} паузы без монтажа

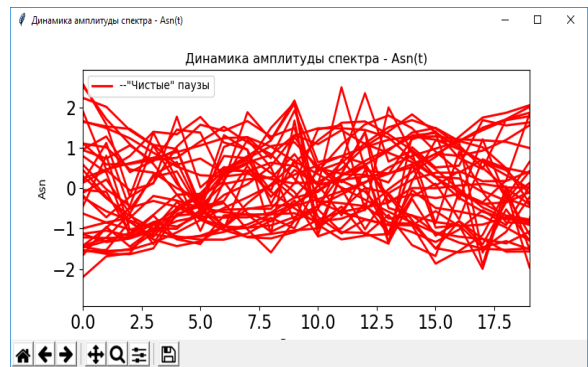


Рис.6. Динамика изменения нормированной средневзвешенной амплитуды спектра A_{sn} паузы без монтажа

Таким образом, учитывая все вышеизложенное, можно считать, что в рассматриваемой задаче бинарной классификации нейронная сеть выявляет закономерности в виде сложной нелинейной многопараметрической модели. И эти закономерности имеют классическую интерпретацию.

Мы полагаем, что предложенный нами метод выявления закономерностей в результатах, полученных на выходах сложной нейронной сети глубокого обучения, применим ко многим другим задачам бинарной классификации. Основным условием применимости метода является большое количество объектов с высокой (не менее 0,999) вероятностью правильной классификации. Его применение обеспечивает возможность выделения соответствующих моделей объектов и эти объекты, в соответствии с развиваемой концепцией, будут являться моделями выявленных закономерностей.

Выводы

1. Показано, что введение “пороговой” вероятности для выделения фрагментов пауз с высокой степенью вероятности правильной классификации (не ниже 0,999) в отдельный массив данных обеспечивает (при использовании определенных методов обработки входящих в них сигналов) возможность исследования

динамических характеристик таких фрагментов. Показано, что такие характеристики отображают физическое состояние исследуемых объектов.

2. В задаче автоматического выявления следов монтажа в фонограммах предложено для обработки фрагментов с высокой степенью вероятности правильной классификации определять средневзвешенную частоту и средневзвешенную амплитуду спектров сигналов, входящих в эти фрагменты, и, после нормировки, строить графики их динамических спектральных характеристик.

3. Установлено, что полученные динамические средневзвешенные характеристики амплитуды спектра и частоты отображают физическую сущность сигналов как пауз с монтажом, так и пауз без монтажа. Они могут использоваться для представления признаков монтажа цифровых фонограмм, выявленных при проведении экспертизы.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

- [1] Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. 2014 by Shai Shalev-Shwartz and Shai Ben-David Published 2014 by Cambridge University Press, 449 p. <http://www.cs.huji.ac.il/~shais/UnderstandingMachineLearning>
- [2] Yoshua Bengio. Deep Learning. Lxmls 2015. Machine Learning Summer School. Lisbon, Portugal, 2015, 124 p. <http://www.iro.umontreal.ca/~bengioy/dlbook/>
- [3] Рыбальский О. В., Соловьев В. И., Журавель В. В. Следы монтажа в цифровых фонограммах, выполненного способом вырезания и перестановки фрагментов. Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2016. –Т. 18, № 1. – С. 32–41.
- [4] Рыбальский О.В., Соловьев В. И., Журавель В.В. Экспериментальная проверка эффекта изменения фрактального состава сигналов при монтаже фонограммы способом вырезания и перестановки фрагментов. Сучасна спеціальна техніка. – 2016. – № 3. – С. 75–85.

Розробка Паралельного Вирішувача Диференційних Рівнянь На Базі Блокових Чисельних Методів

Володимир Святний
кафедра комп'ютерної інженерії
Донецький національний
технічний університет
м. Покровськ, Україна
vsvjatnyj@gmail.com

Олександр Мірошкін
Комунікаційно-Інформаційний
Центр
Університет Ульма
Ульм, Німеччина
miroshkinan@gmail.com

Георгій Маргієв
кафедра комп'ютерної інженерії
Донецький національний
технічний університет
м. Покровськ, Україна
margievge@gmail.com

Development of Block Numerical Method Based Parallel Solver For Differential Equations

Volodymyr Svyatnyy
Computer Engineering Department
Donetsk National Technical
University
Pokrovsk, Ukraine
vsvjatnyj@gmail.com

Oleksandr Miroshkin
Communication and Information
Centre
Ulm University
Ulm, Germany
miroshkinan@gmail.com

Heorhii Marhiiev
Computer Engineering Department
Donetsk National Technical
University
Pokrovsk, Ukraine
margievge@gmail.com

Анотація—Більшість відомих програмних вирішувачів диференційних рівнянь реалізують послідовні алгоритми їх розв'язання, через що не задовольняють вимогам до ефективного розпаралелювання для використання на паралельних архітектурах. Розробка розподіленого паралельного моделюючого середовища вимагає застосування швидкого вирішувача, який може виконувати пошук рішення із заданою точністю та задовільнити вимогам масштабованості на довільну кількість обчислювальних вузлів. Робота присвячена розробці програмного вирішувача диференційних рівнянь, в основу якого покладено формули для чотирьохточкового блокового чисельного методу, який розроблено з урахуванням особливостей паралельних обчислювальних архітектур. На основі аналізу інших вирішувачів ДР для розробленого вирішувача було обрано формат виклику та адаптовано з урахуванням особливостей мови програмування C, яка була використана для його реалізації. Вирішувач успішно пройшов тести з розв'язання диференційних рівнянь першого та другого ступенів та їх систем. Під час тестування метод показав достатню стійкість та точність при розв'язанні систем з кількістю рівнянь до 10 000. Наведений приклад використання розробленого вирішувача для чисельного моделювання аеродинамічних процесів в фрагменті шахтної вентиляційної мережі.

Abstract—Most known software differential equations solvers implement sequential algorithms for their solution, that is why they do not meet the requirements for efficient parallelization for use in parallel architectures. The development of a distributed parallel simulation environment requires the use of a fast solver that can find a solution with a given accuracy and at the same time satisfy the requirements of scalability for an arbitrary number of computing nodes. The work is devoted to the development of a software differential equations solver, based on the formulas for the four-point block numerical method, that was developed taking into account the peculiarities of parallel computing architectures. Based on the analysis of other differential equations solvers for the developed solver, the call format was selected and adapted to the peculiarities of the C programming language, which was used for its implementation. The solver has successfully passed the tests for solving the first and second order differential equations and their systems. During testing, the solver showed sufficient stability and accuracy in solving systems with the number of equations of up to 10,000. An example of using a developed solver for numerical simulation of aerodynamic processes in a mine air network is given.

Ключові слова—вирішувач, диференційні рівняння, блоковий чисельний метод, розпаралелювання.

Keywords—solver, differential equations, block numerical method, parallelization.

I. ВСТУП

Для чисельного розв'язання диференційних рівнянь та/або їх систем розроблено програмні вирішувачі, які реалізують алгоритми відповідних чисельних методів: Ейлера [1], Сімпсона [2], Адамса [3], Рунге-Кути [4]. В більшості з цих методів визначення наступного значення функції залежить від попереднього кроку алгоритму, що призводить до неможливості застосування відомих підходів до розпаралелювання процесу обчислення [5]. Блокові чисельні методи були розроблені з урахуванням необхідності виконання обчислень на паралельних комп'ютерних архітектурах та запропоновані в роботах Фельдмана Л. П., Дмитрієвої О. А., Назарової І. А. та інших [6–9]. Побудова розподіленого паралельного моделюючого середовища (РПМС) [10–12] для моделювання складних динамічних систем вимагає програмної реалізації чисельних методів, які б давали змогу вирішувати різноманітні диференційні рівняння із залученням наявних паралельних ресурсів.

II. РОЗРОБКА ВИРІШУВАЧА

Згідно з [13], рівняння m -крокового k -точкового блокового методу мають наступний вигляд:

$$u_{n,i} = u_{n,0} + i\tau \left(\sum_{j=1}^m b_{i,j} F_{n,j-m} + \sum_{j=1}^k a_{i,j} F_{n,j} \right), \quad (1)$$

де $u_{n,i}$ – наближені рішення в точці i блоку n в момент часу $i\tau$; $n=1, 2, \dots, N$; $i=1, 2, \dots, K$; $u_{n,0}$ – наближене рішення в нульовій точці блоку n . Для першого блоку це значення співпадає з початковою умовою задачі Коші, для всіх наступних – із значенням останньої точки попереднього блоку, тобто:

$$u_{n,0} = \begin{cases} u(0), & n = 0; \\ u_{n-i,K}, & n > 0; \end{cases} \quad (2)$$

$F_{n,j} = f(t_n + j\tau; u_{n,j})$ – значення правої частини в точці j блоку n , де $n=1, 2, \dots, N$; $F_{n-1,j} = f(t_{n-1} + j\tau; u_{n-1,j})$ – значення правої частини в точці j блоку $n-1$; $a_{i,j}$, $b_{i,j}$ – коефіцієнти, отримані за допомогою інтерполяційного многочлену Лагранжа.

При $k=4$ в роботі [14] отримано наступні формули для чотирьохточкового блокового методу:

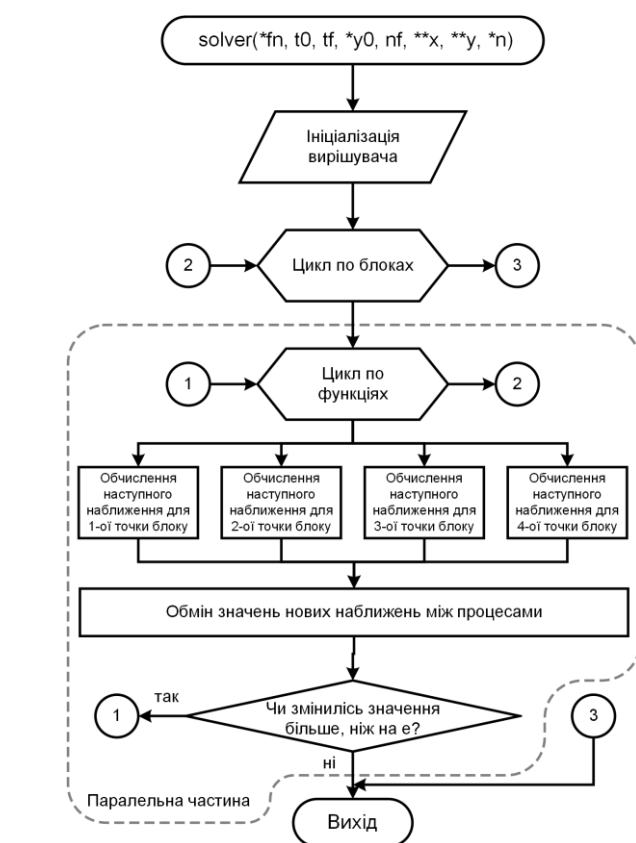


Рис.1. Узагальнений алгоритм роботи паралельного блокового вирішувача

$$\begin{aligned} u_{n,1} &= u_{n,0} + \frac{\tau}{720} (251F_{n,0} + 646F_{n,1} - 264F_{n,2} + 106F_{n,3} - 19F_{n,4}), \\ u_{n,2} &= u_{n,0} + \frac{\tau}{90} (29F_{n,0} + 124F_{n,1} + 24F_{n,2} + 4F_{n,3} - F_{n,4}), \\ u_{n,3} &= u_{n,0} + \frac{3\tau}{80} (9F_{n,0} + 34F_{n,1} + 24F_{n,2} + 14F_{n,3} - F_{n,4}), \\ u_{n,4} &= u_{n,0} + \frac{2\tau}{45} (7F_{n,0} + 32F_{n,1} + 12F_{n,2} + 32F_{n,3} + 7F_{n,4}), \end{aligned} \quad (3)$$

Важливою особливістю цих формул є те, що обчислення точок блоку виконується незалежно, що дає змогу застосувати розпаралелювання. На основі формул (3) розроблено програмний вирішувач, загальний алгоритм якого наведено на рис. 1.

III. ВИКЛИК ВИРІШУВАЧА

Формат виклику вирішувача для зручності зроблено у звичний для інших програмних вирішувачів спосіб. Далі наведені приклади викликів вирішувачів в різних математичних програмних пакетах.

Система Matlab використовує наступний формат виклику функцій [15]:

$$[t,y] = \text{ode45}(\text{odefun}, \text{tspan}, y0, \text{options}),$$

система Mathcad поряд з іншими пропонує для використання наступну функцію [16]:

```
rkfixed(init, x1, x2, intvls, D),
```

а в системі Wolfram Mathematica можна вирішити диференціальне рівняння наступним чином [17]:

```
DSolve[{y'[x] == z[x], z'[x] == -y[x], y[0] == 0, z[0] == 1},
{y[x], z[x]}, x].
```

Виклик вирішувачів в інших математичних бібліотеках має свої особливості, але використовує ті ж основні параметри: межі діапазону пошуку рішення, початкові значення, спосіб обчислення значень правої частини диференціальних рівнянь.

Виходячи з аналізу вирішувачів у відомих математичних пакетах та алгоритму роботи вирішувача блокового чисельного методу запропонований наступний формат виклику розробленого вирішувача:

```
int solver(*fn, t0, tf, *y0, nf, **x, **y, *n),
```

де *fn – посилання на функцію обчислення правих частин системи диференціальних рівнянь; t0, tf – межі діапазону пошуку рішення; *y0 – масив початкових значень; nf – кількість функцій в системі; **x, *n – вихідний масив із значеннями абсцис точок, в яких знайдено рішення системи та їх кількість відповідно; **y – матриця знайдених значень.

Збільшена кількість параметрів та певні особливості їх використання зумовлені особливостями мови програмування C, що була використана для реалізації вирішувача.

IV. РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ

Система формул (3) має чотири незалежних рівняння, обчислення яких доцільно виконати на чотирьох обчислювальних елементах. За умови використання процесору з кількістю обчислювальних ядер 4+, для обчислення точок блоку однієї функції доцільно використовувати переваги технології OpenMP [18], а при розв'язанні систем диференціальних рівнянь доцільне використання декількох процесорів та бібліотеки MPI [19] для обміну даними між ними.

V. ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ

A. Вихідні дані для моделювання

Однією з задач, які вирішуються за допомогою РПМС на кафедрі комп'ютерної інженерії ДонНТУ (м. Покровськ), є моделювання шахтних вентиляційних мереж (ШВМ) як складних динамічних об'єктів. Розглянемо одну з моделей ШВМ, яка задана да допомогою системи диференціальних рівнянь у частинних похідних:

$$\begin{cases} -\frac{\partial P_j}{\partial \xi} = r_j Q_j^2 + \frac{\rho}{F_j} \frac{\partial Q_j}{\partial t} + r_j(\xi, t) Q_j^2; \\ -\frac{\partial P_j}{\partial t} = \frac{\rho a^2}{F_j} \frac{\partial Q_j}{\partial \xi}. \end{cases} \quad (4)$$

Докладне пояснення параметрів моделі можна знайти в роботах [11, 20]. Із застосуванням розробленого вирішувача виконаємо моделювання гілки ШВМ довжиною $L = 1000$ м, з кроком за просторовою координатою $\Delta \xi = 100$ м, площею поперечного перерізу $F = 5.98$ м² та питомим аеродинамічним опором $r = 1.9e-03$. Одним кінцем гілка, що моделюється, виходить в атмосферу, вважатимемо, що відносний тиск на цьому кінці гілки дорівнює нулю ($P_{ATM} = 0$), а на іншому кінці гілки є вентилятор, який створює депресію $H = -1$ кПа відносно атмосферного тиску.

B. Функція обчислення правих частин системи

Після перетворення системи для придатного для обчислення вигляду функція обчислення правих частин системи з 19 рівнянь матиме наступний вигляд:

```
int RHS(double x, double *y, int n, double *rhs)
{
    ... // Обчислення допоміжних коефіцієнтів alpha, beta
    та gamma
    double Patm = 0.0, Hvent = -1000.0;
    rhs[ 0] = alpha * (Patm-y[1]) - beta * y[0] * fabs(y[0]);
    rhs[ 1] = gamma * (y[0]-y[2]);
    rhs[ 2] = alpha * (y[1]-y[3]) - beta * y[2] * fabs(y[2]);
    ...
    rhs[17] = gamma * (y[16]-y[18]);
    rhs[18] = alpha * (y[17]-Hvent) - beta * y[18] *
    fabs(y[18]);
}
```

Парні елементи масиву rhs відповідають потокам повітря у фрагментах гілки ШВМ після апроксимації моделі за просторовою координатою. Непарні елементи масиву містять значення тиску на межах між фрагментами гілки ШВМ.

C. Синтаксис виклику вирішувача

```
int main(int argc, char** argv)
{
    int NumSections = 10;
    int i, nx, nf = 2 * NumSections - 1;
    double *x, *y, y0[nf];
    for (i = 0; i < nf; i++)
        y0[i] = 0.0;
    solver_ex(RHS, 0.0, 100.0, &y0[0], nf, &x, &y, &nx, 0.1,
    0);
    printXY_Excel(x, y, nx, nf, 1);
    return 0;
}
```

D. Результати обчислень

На рис. 2 та рис. 3 наведені результати моделювання фрагменту ШВМ за допомогою розробленого вирішувача на базі чотирьохточкового блокового чисельного методу з кроком за часом $t = 0.01$.

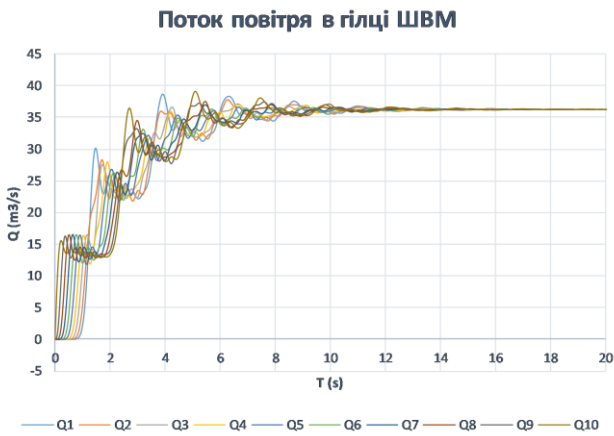


Рис. 2. Результати моделювання. Потоки повітря в фрагментах гілки ШВМ.

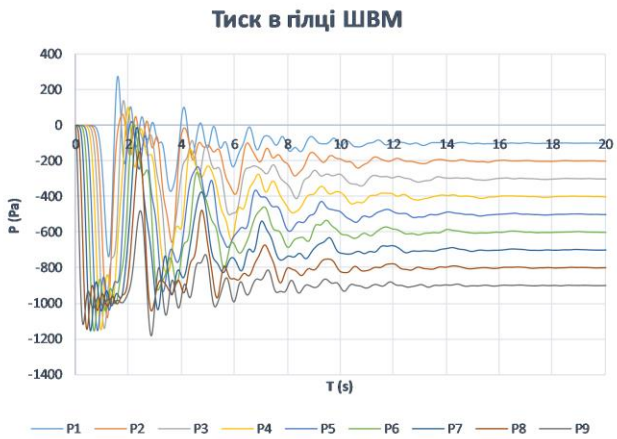


Рис.3. Результати моделювання. Тиск в фрагментах гілки ШВМ

VI. ПОДАЛЬШІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Подальша робота над вирішувачем планується в двох основних напрямках – дослідження використання різних підходів до розпаралелювання вирішувача з метою зменшення часу виконання алгоритму на паралельних архітектурах та тестування вирішувача на різних системах диференціальних рівнянь. Крім того, обов'язковим є порівняння розробленого вирішувача з програмними пакетами та математичними бібліотеками з метою виявлення класів задач та особливостей апаратних обчислювальних платформ, при яких застосування розробленого вирішувача може зменшити часові показники або збільшити точність рішення.

ВИСНОВКИ

Розроблений паралельний вирішувач реалізує алгоритм чотирьохточкового блокового чисельного методу із урахуванням особливостей архітектури паралельної обчислювальної системи. Вирішувач дозволяє знаходити рішення диференціальних рівнянь та/або їх систем з необхідною точністю. Подальшому дослідженню підлягають використання елементів технології OpenMP, які можуть скоротити час паралельного виконання алгоритму, а також використання розробленого вирішувача на різних рівнях розпаралелювання моделей складних динамічних систем при їх моделюванні в розподіленому паралельному моделюючому середовищі, розробкою якого займаються в лабораторії надпродуктивних обчислень Донецького національного технічного університету в м. Покровськ.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Метод Ейлера : [Електронний ресурс] // Вікіпедія – вільна енциклопедія. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_Ейлера
- [2] Метод Сімпсона : [Електронний ресурс] // Вікіпедія – вільна енциклопедія. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_Сімпсона
- [3] Метод Сімпсона : [Електронний ресурс] // Вікіпедія – вільна енциклопедія. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_Адамса
- [4] Метод Рунге — Кутти : [Електронний ресурс] // Вікіпедія – вільна енциклопедія. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_Рунге_—_Кутти
- [5] OpenMP topic: Loop parallelism : [Електронний ресурс] // Parallel Programming in MPI and OpenMP by Victor Eijkhout. – Режим доступу : <http://pages.tacc.utexas.edu/~eijkhout/pce/html/omp-loop.html>
- [6] Л. П. Фельдман, О. А. Дмитриева, “Эффективные методы распаралеливания численного решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений”, Матем. моделирование, 13:7 (2001), 66–72.
- [7] Дмитриева О. А. Разработка многошаговых параллельных коллокационных блочных методов с использованием интерполяционных полиномов Эрмита / О. А. Дмитриева // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2013. – № 5. – С. 243–249. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/reecs_2013_5_42
- [8] Устойчивые одношаговые блочные методы численного решения жестких обыкновенных дифференциальных уравнений / Л.П. Фельдман // Штучний інтелект. – 2009. – № 1. – С. 213-217. – Бібліогр.: 9 назв. – рос. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/7841>
- [9] Назарова И. А. Экстраполяционные блочные одношаговые численные методы решения жестких задач Коши // Научно-теоретический журнал ИПИИ НАН Украины «Искусственный интеллект», №3, 2010. – Донецк: ИПИИ, 2010. – С. 116–126. – Режим доступу: <http://ea.donntu.edu.ua/handle/123456789/6227>
- [10] Святний В.А. Паралельне моделювання складних динамічних систем // Моделювання–2006: Международная конференция. Киев, 2006 г. – Киев, 2006. – С. 83–90.
- [11] Kushnarenko Volodymyr, Miroshkin Oleksandr, Svyatnyj Volodymyr, "Towards the simulation of dynamic network objects with distributed parameters based on block difference numerical methods". The 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. 21-23 September, 2017, Bucharest, Romania. P. 1073-1076.

- [12] Мірошкін О.М. Архітектура розподіленого паралельного моделюючого середовища для складних динамічних об'єктів з мережною топологією / О. М. Мірошкін, В. А. Святний, А. С. Любимов // Праці VII-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та комп'ютерної техніки» (ПІКТ – 2018), м. Чернівці: Видавничий дім «Родовід», 2018. – С. 59-61.
- [13] Фельдман Л.П., Назарова И.А. Параллельные алгоритмы численного решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений / Л.П. Фельдман, И.А. Назарова // Математическое моделирование. – 2006. – Т. 18, № 6. – С. 17–31.
- [14] Гусева А.Б. Дискретная Simulation-модель сетевого динамического объекта с распределенными параметрами на основе блочного численного метода / А. Б. Гусева, В. Г. Кушнаренко // Проблемы моделирования и автоматизации проектирования: Сб. научн. тр. ДонНТУ, вып. 9 (179), Донецк, 2011, С. 274–283.
- [15] ode45 : [Електронний ресурс] // MathWorks Matlab R2019a Online Documentation. – Режим доступу : <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/ode45.html>
- [16] Решатели ОДУ : [Електронний ресурс] // Справочный центр PTC Mathcad Prime 5.0.0.0. – Режим доступу : http://support.ptc.com/help/mathcad/ru/index.html#page/PTC_Mathcad_Help/ode_solvers.html
- [17] How to | Solve a Differential Equation : [Електронний ресурс] // Wolfram Language & System Documentation Centre. – Режим доступу : <https://reference.wolfram.com/language/howto/SolveADifferentialEquation.html>
- [18] OpenMP : [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://www.openmp.org>
- [19] MPICH | High-Performance Portable MPI : [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://www.mpich.org>
- [20] Svyatnyy V. A. Parallele Modellierung und Simulation der luftdynamischen Prozesse in den Grubenbewerungsnetzen / V. A. Svyatnyy, V. G. Kushnarenko, O. M. Miroshkin / Вісник Донецького гірничого інституту, № 1 від 2018 р., С. 116–129. - Режим доступу: http://science.donntu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/08/Svyatnyy_JDMI_1_18.pdf

Автоматизація Процесів Створення Контурних Карт в Golden Software Surfer

Андрій Тітяпкин
відділ аналізу морських екосистем та
антропогенного навантаження
Український науковий центр екології моря
Одеса, Україна
tityapkin@ukr.net

Володимир Український
Морський інформаційно-аналітичний центр
Український науковий центр екології моря
Одеса, Україна
vladukr49@gmail.com

Automation of Creating Contour Maps in Golden Software Surfer

Angrey Tityapkin
Department of marine ecosystem analysis and
anthropogenic load
Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea
Odessa, Ukraine
tityapkin@ukr.net

Volodymyr Ukrayinskyy
Marine Information and Analytical Center
Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea
Odessa, Ukraine
vladukr49@gmail.com

Анотація—Досліджено можливості автоматизації процесів побудови великої кількості однотипних контурних карт в Golden Software Surfer. За допомогою довідкових рекомендацій по автоматизації в Surfer створені програми-сценарії для двох випадків представлення вихідних даних. Представлені можливості запуску і виконання програм-сценаріїв як дочірніх програм з Windows-додатку, що розробляється, наприклад, в середовищі програмування C++Builder 6. Запропоновано перспективний спосіб автоматизації процесу створення бланкуючого файлу методами обчислювальної геометрії для випадків, коли координати вихідних даних утворюють мінімальну опуклу оболонку. Використання автоматизації процесу створення контурних карт в Surfer дозволяє значно скоротити часові витрати дослідника.

Abstract—The possibilities of automating the process of building a large number of contour maps of the same type in Golden Software Surfer are investigated. Using the help recommendations on Surfer automation, there were created scripts for two cases of presenting source data: one Excel file with several data columns per sheet and several text files, each of which includes three data columns. The first two columns in both cases are the X and Y coordinates, and the next columns are the corresponding parameter Z. This choice of presenting the source data is justified by the monitoring tasks periodically conducted by the Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea. As an example, the first case of presenting source data may

correspond to the results of monitoring the seaside Danube waters, when the third and subsequent columns are specific hydrochemical and hydrophysical parameters, and the second case correspond to the results of average weekly, average monthly or average annual satellite observations on chlorophyll-a in the Black Sea. The possibilities of launching and executing scripts as child programs from a Windows application developed, for example, in the C++Builder 6 visual object-oriented programming environment, are presented. A promising method for automating the process of a blanking file creating using computational geometry methods is proposed for cases where the coordinates of the source data represent the minimal convex hull. Using the Surfer automation in the process of creating maps can significantly reduce the time spent by the researcher.

Ключові слова—Surfer; програми-сценарії; контурні карти

Keywords—Surfer; script programs; contour maps

I. ВСТУП

У практиці еколого-географічного картування дуже широко застосовується геоінформаційна система Golden Software (GS) Surfer. В даний час вона фактично є галузевим стандартом побудови графічних зображень функцій двох змінних [1].

Побудова будь-якої карти в системі GS Surfer зазвичай починається з підготовки файлу, що містить XYZ-дані. XYZ-дані – це, як правило, числова інформація, яка складається з не менше ніж трьох стовпців, перші два з яких найчастіше розглядаються як аргументи X і Y, а третій (або інші) – як функція (функції) Z цих аргументів. В еколого-географічному картуванні аргументи X і Y є координатами, наприклад, станцій відбору проб деякого моніторингового рейсу або супутникових спостережень.

Особливо часто з допомогою GS Surfer створюються карти в ізолініях (контурні карти, Contour Maps). Метою роботи є автоматизація процесів створення великої кількості однотипних контурних карт в системі GS Surfer.

II. ПІДГОТОВКА ВИХІДНИХ ФАЙЛІВ

Перед роботою безпосередньо в програмі Surfer, необхідно підготувати кілька файлів:

- файл (їх може бути декілька), що містить дані для створення контурних карт по відповідним координатам X і Y (зазвичай, у форматі *.txt або *.xls). При цьому важливо дотримуватися відповідності координат і даних. Файл з даними може містити кілька стовпців з різного роду інформацією. Один і той же сформований файл можна використовувати необхідну кількість разів і отримувати поля ізоліній елементів, що задаються при операції вибору цих елементів за допомогою інструменту Grid;
- файл базової карти («підкладка», карта-основа, Base Map), який може являти собою плоске зображення різних графічних форматів або векторні дані, отримані з іншої геоінформаційної системи, що містять топографічні об'єкти: річки, моря, дороги, кордони, тощо. Згодом карта-основа легко комбінується з будь-яким іншим видом карт в один оверлей;
- бланкуючий файл (формат: *.bln) для видалення ізоліній і (або) заливки з будь-яких областей карти з метою приховати її недостовірні або секретні ділянки. Його можна створити за допомогою команди Map / Digitize в режимі плот-документа. Бланкуючий файл – це простий текстовий файл, що містить X і Y координати меж бланкових областей.

Алгоритми побудови контурних карт в системі GS Surfer дуже добре описані в [1]-[5]. Однак на практиці досить часто виникають завдання побудови великої кількості однотипних карт, особливо контурних. Так, в рамках проведеного нами дослідження [6], для району Дністровського лиману і прилеглої акваторії Чорного моря мала місце необхідність побудови контурних карт середньомісячного розподілу хлорофілу-а за супутниковими даними з 2003 по 2017 роки. На створення близько 200 карт знадобилося кілька днів. Це спонукало нас звернутися до можливостей автоматизації процесів створення контурних карт в Surfer для вирішення подібних завдань.

III. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ СТВОРЕННЯ КОНТУРНИХ КАРТ В GS SURFER

Система Surfer має власну макромову для створення керуючих запитів (скриптів). Ця мова є різновидом Visual Basic, програми-сценарії на якому розробляються і запускаються на виконання засобами GS Scripter. Програма-сценарій – це текстовий файл формату *.bas, який містить серію інструкцій (скриптів), які виконуються при запуску. Scripter встановлюється в тій же групі програм, що і Surfer, Grapher, Voxler або MapViewer. При цьому Scripter придатний для управління і будь-якими іншими програмами, що підтримують механізм OLE 2.0 Automation (наприклад, для роботи з Microsoft Excel) [7]-[8]. Такий механізм дозволяє сформувати сценарій, що містить необхідні команди і їхні аргументи, і передачу його в додаток, що підтримує цей протокол взаємодії. Зокрема, за допомогою набору сценаріїв можуть бути виконані в автоматичному режимі деякі часто повторювані завдання. З іншого боку, такий файл може формуватися в процесі виконання будь-якої прикладної розрахункової програми для автоматичної обробки і візуалізації її даних.

Для автоматизації процесів створення контурних карт використовувалися заздалегідь підготовлені файли вихідних даних, файл карти-основи і бланкуючий файл.

Реалізовано програми-сценарії для двох випадків представлення вихідних даних:

1) один Excel-файл з декількома стовпцями на аркуші, перші два з яких – координати X і Y, а наступні – параметри вимірювань (наприклад, це можуть бути результати гідролого-гідрохімічних вимірювань в морській акваторії глибоководного суднового ходу Дунай-Чорне море, які регулярно проводяться Українським науковим центром екології моря в рамках відповідних наукових тематик);

2) кілька текстових файлів, кожен з яких включає в себе три стовпці даних: координати X і Y і відповідний їм параметр Z (наприклад, це можуть бути результати середньомісячних супутникових спостережень вмісту хлорофілу-а в Чорному морі).

Оснovoю створення першої програми-сценарію склала програма zColumn.bas, яка наведена в прикладах 11 версії системи GS Surfer. Вдосконалення в цій програмі стосувалися області створення карти по бланкуючому файлу, чого в прикладі немає і частково даний момент відображений в довідковій службі системи GS Surfer [9].

За основу другої програми були взяті довідкові рекомендації [9]-[11]. Додатково, оскільки шкала рівнів для ізоліній в даному випадку однакова для всіх карт, заздалегідь був створений lvl-файл і завантажувався програмно в момент побудови карти. Процес створення контурних карт другою програмою для задач дослідження [6] (а саме, 177 карт) склав близько 15 хвилин.

В [12] наведена можливість запускати програми-сценарії з командного рядка без необхідності самостійно завантажувати і виконувати програму-сценарій в Scripter:

```
<Шлях_Scripter> -x filename.bas
```

де <Шлях_Scripter> – це шлях до програмного файлу Scripter (наприклад, «C:\Program Files (x86)\Golden Software\Surfer11\Scripter\Scripter.exe»), а filename.bas – ім'я конкретної програми-сценарію для запуску. Пропуск між «-x» і ім'ям файлу є обов'язковим. Ця команда відкриває вікно Scripter, завантажує вказаний файл програми-сценарію і запускає його на виконання. Коли сценарій завершується (успішно або невдало) вікно Scripter закривається. Щоб завантажити файл програми-сценарію, але не виконувати його, досить у зазначеній команді прибрати «-x». Вікно Scripter при цьому залишається відкритим.

Робота з командним рядком не завжди є зручною для користувача або розробника, віддається перевага прикладним програмам з Windows-інтерфейсом. За допомогою зазначеної вище команди були протестовані різні можливості запуску зовнішньої програми (в нашому випадку – програми-сценарію) в середовищі візуального об'єктно-орієнтованого програмування C++Builder 6 в обробнику події натискання кнопки. Це можна зробити, наприклад, наведеними в таблиці 1 функціями, що мають свої параметри, які визначають умови виконання та управління дочірніми процесами. Основні параметри наведених функцій можна знайти в [13].

Таблиця 1. Функції запуску зовнішньої програми

Функція	Приклад використання
execpl	execpl("C:\\Program Files (x86)\\Golden Software\\Surfer 11\\Scripter\\Scripter.exe", "-x Script5.bas", NULL);
spawnlp	spawnlp(P_NOWAIT, "C:\\Program Files (x86)\\Golden Software\\Surfer 11\\Scripter\\Scripter.exe", "-x Script5.bas", NULL);
WinExec	WinExec("C:\\Program Files (x86)\\Golden Software\\Surfer 11\\Scripter\\Scripter.exe -x Script5.bas", SW_NORMAL);
CreateProcess	STARTUPINFO si = {sizeof(si)}; PROCESS_INFORMATION pi; CreateProcess("C:\\Program Files (x86)\\Golden Software\\Surfer 11\\Scripter\\Scripter.exe", "-x Script5.bas", NULL, NULL, false, 0, NULL, NULL, &si, &pi);
ShellExecute	ShellExecute(Handle, NULL, "C:\\Program Files (x86)\\Golden Software\\Surfer 11\\Scripter\\Scripter.exe", "-x Script5.bas", NULL, SW_SHOWNORMAL);

IV. ВИСНОВКИ

Таким чином, створення великої кількості однотипних контурних карт за допомогою автоматизації GS Surfer дозволяє значно заощадити час дослідника на подальший аналіз. Крім того, з'являються можливості створення Windows-програм, які можуть формувати і запускати на виконання програми-сценарії в Scripter для автоматичного створення карт в Surfer. Як приклад такої взаємодії, можна привести опис програми в [14].

Слід зазначити, що множина вихідних точок (координат станцій відбору проб) може утворювати мінімальну опуклу оболонку. Таку оболонку можуть створювати координати станцій відбору проб в відкритих частинах моря, тобто не обмежених береговою лінією, наприклад, район Філофорного поля Зернова регулярного моніторингу Українського наукового центру екології

моря. В такому випадку, бланкуючий файл також можна створювати автоматично. Така оболонка будується методами обчислювальної геометрії, наприклад, алгоритмами Джарвіса, Грехема, тощо [15], і може стати досить перспективним удосконаленням реалізованих програм-сценаріїв.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] К. Ю. Силкин, А. А. Курьшев, и А. А. Валяльчиков, *Эколого-географическое картографирование*. Воронеж, РФ: ВГУ, 2017.
- [2] С. В. Моисеев, *Применение пакета Surfer при обработке геофизических данных*. Ухта, РФ: УГТУ, 2003.
- [3] И. А. Иванова, и В. А. Чеканцев, *Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer*. Томск, РФ: ТПУ, 2008.
- [4] К. А. Мальцев, и С.С. Мухарамова, *Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer)*. Казань, РФ: КУ, 2014.
- [5] Р. Ю. Шевченко, *Геоінформаційні методи обробки інформації: навчально-методичні вказівки складання карт та обробки результатів геодезичних знімків для працівників відділу туризму та рекреації природно-заповідного фонду*. Київ, Україна: ПНВП «Київтуркартографія», 2016.
- [6] O. Yu. Goncharov, V. V. Ukrainskiy, A. S. Tityapkin, "Influence of Dniester river runoff on dynamics of chlorophyll in the Dniester estuary and adjacent sea area", in *Biodiversity of Dniester River and Factors Influencing on its Ecosystems: Scientific and Practical Conference (with international participation)*. Tiraspol, 2018, pp. 57-61.
- [7] С. П. Туляков, В. М. Еганов, и С. А. Мальченко, "Применение возможностей пакета Surfer для решения экологических задач", в *Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов: Всероссийская научно-техническая интернет-конференция*, Тула, 2010, с. 136-141.
- [8] Surfer Automation. Golden Software Support, 2019. [Online]. Available: <https://support.goldensoftware.com/hc/en-us/sections/204130857-Surfer-Automation>. Accessed on: June 14, 2019.
- [9] How can I set the grid spacing in Surfer's Scripter with the GridData function? Golden Software Support, 2019. [Online]. Available: <https://support.goldensoftware.com/hc/en-us/articles/226472967-How-can-I-set-the-grid-spacing-in-Surfer-s-Scripter-with-the-GridData-function->. Accessed on: June 14, 2019.
- [10] Can I write a Surfer script to grid and contour many data files with consecutive names? Golden Software Support, 2019. [Online]. Available: <https://support.goldensoftware.com/hc/en-us/articles/227864708-Can-I-write-a-Surfer-script-to-grid-and-contour-many-data-files-with-consecutive-names->. Accessed on: June 14, 2019.
- [11] How can I grid data and create contour maps for many data files with Surfer Scripter? Golden Software Support, 2019. [Online]. Available: <https://support.goldensoftware.com/hc/en-us/articles/227865508-How-can-I-grid-data-and-create-contour-maps-for-many-data-files-with-Surfer-Scripter->. Accessed on: June 14, 2019.
- [12] Running Scripts from the Command Line. Golden Software Support, 2019. [Online]. Available: http://surferhelp.goldensoftware.com/surfer.htm#Scripter%2FRunning_Scripts_from_the_Command_Line.htm. Accessed on: June 14, 2019.
- [13] А. Я. Архангельский, *Программирование в C++Builder 6*. Москва, РФ: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2004.
- [14] В. Н. Белокопытов, В. В. Мельников, Ю. Н. Токарев, и В. И. Василенко, "Программный пакет «Гидроэколог» для обработки экспедиционных данных", *Морський екологічний журнал*, Т. VII, № 1, с. 17-22, 2008.
- [15] F. P. Preparata, and M. I. Shamos, *Computational Geometry: An Introduction*. New York, USA: Springer-Verlag, 1985

Особливості Управління Проектами З Використання Відходів Для Забезпечення Енергетичної Автономії Аграрних Підприємств

Діна Токарчук

кафедра адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

tokarchyk_dina@ukr.net

Features of Project Management For Using Waste To Ensure Energy Autonomy of Agrarian Enterprises

Dina Tokarchuk

dept. of Administrative Management and Alternative Energy Sources

Vinnitsia National Agrarian University

Ukraine, Vinnitsia

tokarchyk_dina@ukr.net

Анотація—Розглянуто необхідність впровадження проектів з використання відходів для забезпечення енергетичної автономії аграрних підприємств. Визначено, яким стратегічним цілям розвитку України і Європи відповідатимуть результати реалізації проекту та з якими нормативно-правовими актами проект корелюється. Розглянуто можливість інтеграції стандартів управління проектами і програмами з екологічними вимогами до проектів поводження з відходами аграрних підприємств. Визначено основних зацікавлених сторін проекту з використання відходів аграрних підприємств та їх ролі.

Abstract—The necessity of implementation of waste utilization projects for ensuring energy autonomy of agrarian enterprises is considered. It is determined which strategic goals of the development of Ukraine and Europe will correspond to the results of the project implementation and with which normative and legal acts the project is correlated. The possibility of integrating standards of project management and programs with environmental requirements into waste management projects of agrarian enterprises is considered. The main stakeholders of the project on waste utilization of agrarian enterprises and their role were identified.

Ключові слова—відходи; управління проектами; енергетична авономія; зацікавлені сторони проекту

Keywords—waste; project management; energy avonomy; project stakeholders

I. ВСТУП

Енергетична автономія передбачає можливість забезпечення потреби підприємства в паливі та енергетичних ресурсах за рахунок власного виробництва. Оскільки енергетична складова собівартості продукції на сьогодні є досить значною, підприємства шукають альтернативні шляхи забезпечення себе паливом, окрім власне купівлі за досить високими ринковими цінами. З огляду на важливість даного напрямку, на сьогодні розробляються різноманітні проекти з виробництва аграрними підприємствами біопалива та енергії на його основі, використовуючи відходи як сировину.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Проект з енергетичного використання відходів сприятиме досягненню цілі «Забезпечення доступу до недорогих, надійних, стійких і сучасних джерел енергії для всіх», що входить до переліку Цілей Сталого Розвитку (ЦСР), які були затверджені на Саміті ООН зі сталого розвитку у 2015 році. Проект спрямований на вирішення завдань, визначених Енергетичною стратегією України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схваленою розпорядженням Кабінету міністрів № 605-р від 18 серпня 2017 р. [1] щодо зниження енергоємності економіки, а також завдання підвищення енергетичної

ефективності та забезпечення енергозбереження, передбаченого Стратегією національної безпеки України, затвердженою Указом Президента України від 26 травня 2015 року № 287/2015. Проект також сприятиме втіленню Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року, затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820-р [2] в напрямі ефективного поводження з відходами виробництва продукції сільського господарства та узгоджуватиметься з положенням Рамкової Директиви № 2008/98/ЄС Європейського парламенту та Ради від 19 листопада 2008 р. «Про відходи та скасування деяких директив» та рамковою конвенцією ООН зі зміни клімату.

Проект функціонуватиме в певному оточенні, яке включає внутрішні та зовнішні компоненти, враховує економічні, політичні, соціальні, технологічні, нормативні, культурні, природні та інші фактори і супроводжуються запланованими або незапланованими, сприятливими та несприятливими впливами. Отже, при управлінні проектом поводження з відходами для виробництва біопалива необхідно розглядати проект в його культурному, соціальному, міжнародному, політичному і фізичному оточенні.

Процеси управління проектом загальні для більшості проектів щодо виробництва біопалива, пов'язані між собою націленістю на виконання спільної задачі – зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечення паливом власного виробництва, яке буде дешевшим за традиційні аналоги.

Дослідимо особливості застосування методології управління проектами для управління проектами та програмами поводження з відходами аграрних підприємств. Стандарти або методології управління проектами включають PMBOK (A Guide to the Project Management Body of Knowledge); PRINCE2 (PProjects IN Controlled Environments); P2M (A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation); AIPM National Standard for Project Management [3]. Їх застосування в процесах ініціації, планування, використання, моніторингу і управління, а потім і закриття проекту з енергетичного використання відходів дає змогу оптимізувати витрати на реалізацію проекту, врахувати законодавчі, технічні та технологічні обмеження, підвищити надійність системи управління поводженням з відходами.

Розглянемо можливість інтеграції стандартів управління проектами і програмами з екологічними вимогами до проектів поводження з відходами аграрних підприємств. Візьмемо за основу Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK) [4] та дослідимо, як екологічне мислення може застосовуватися до кожної з областей, виділених цим стандартом при управлінні проектом у сфері біоенергетики.

1. Управління інтеграцією проекту – поєднання управління інтеграцією проекту із «зеленим» мисленням дає змогу забезпечити інтегрований контроль змін у навколишньому середовищі (обсяги утворення відходів

аграрних підприємств, їх склад, викиди в атмосферу при нераціональному поводженні з гноєм тварин та пташиним послідом тощо). Навколишнє середовище стає складовою, яка оцінюється з кожною зміною і розкладається на складові частини в кожному процесі прийняття рішення.

2. Управління змістом проекту – екологічний аспект поводження з відходами дає змогу розширити проектні цілі і включити не тільки можливість зменшення енергетичної залежності, а також і позитивні зміни в навколишньому середовищі.

3. Під управлінням термінами проекту розуміються процеси, за допомогою яких забезпечується своєчасне завершення проекту. При застосуванні «зеленого» мислення в управлінні термінами проекту в проектах поводження з відходами аграрних підприємств часові рамки можуть зсуватися для впровадження системи екологічного менеджменту підприємства (наприклад, для проведення екологічного аудиту).

4. Управління вартістю – це процеси, в частині планування та розробки бюджету, а також управління витратами, які забезпечують завершення проекту в рамках затвердженого бюджету. Особливістю залучення інвестицій у впровадження проектів енергетичного використання відходів з врахуванням екологічних аспектів є можливість використання Clean Development Mechanism (механізму чистого розвитку) і механізму Joint Implementation (спільного впровадження) у рамках Кіотського протоколу, націленого на обмеження викидів парникових газів. Особливо це стосується проектів використання гною тварин та пташиного посліду на виробництво біогазу, оскільки при цьому зменшується викиди в навколишнє середовище у порівнянні зі збиранням просто неба.

5. Управління якістю – впровадження проектів та програм ефективного поводження з відходами аграрних підприємств ґрунтується на виконанні вимог екологічного законодавства. Екологічні аспекти розглядаються при перевірці якості виконання проекту або якості продукту проекту.

6. Управління людськими ресурсами проекту включає підходи з управління командою проекту. Врахування екологічних аспектів передбачає залучення екологів до складу команди, що значно підсилить склад виконавців та якість управління і реалізації проектів з використання відходів.

7. Управління комунікаціями проекту з використання відходів для забезпечення енергетичної автономії потребують консолідації накопиченого досвіду, зіставлення різних поглядів і інтересів з метою вибудовування базової структури управління проектом.

8. Управління ризиками в проекті – екологічна безпека стає важливим критерієм реалізації проекту з використання відходів як енергоносія, враховуються екологічні ризики і розробляються заходи з їх нівелювання.

9. Управління постачанням, контрактами і поставками зосереджується на придбанні ресурсів, продуктів або послуг, укладанні необхідних контрактів тощо. При використанні «зеленого мислення» до постачальників ставляться вимоги згідно EMS та екологічних стандартів.

10. Управління зацікавленими сторонами проекту – керівнику проекту з використання відходів аграрних підприємств необхідно забезпечити якісну комунікацію між зацікавленими сторонами: органами влади, аграрними підприємствами, екологічними службами тощо.

Зупинимося детальніше на зацікавлених сторонах проекту з використання відходів для забезпечення енергетичної автономії аграрних підприємств. Ними можуть бути: сільськогосподарські підприємства, постачальники засобів виробництва, науковці, компанії з управління відходами, урядові установи, місцеві органи влади та виконавчі органи державної влади. Протягом останніх років багато хто з цих зацікавлених сторін опрацьовували питання використання відходів сільськогосподарського виробництва, але стикалися з обмеженою координацією діяльності.

Таблиця 1. РЕКОМЕНДОВАНІ РОЛІ ЗАЦІКАВЛЕНИХ СТОРІН ПРОЕКТУ З ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Зацікавлені сторони	Рекомендовані ролі
Центральний уряд	- Розробка стратегії з управління відходами - Об'єднання бачення та завдань у єдиній урядовій політиці та інших відповідних стратегіях - Визначення початкової державної допомоги для стимулювання проектів з використання відходів - Координація науково-дослідних програм та програм взаємодії
Фермери	- Зменшення кількості відходів за рахунок вдосконалення практики управління сільськогосподарськими підприємствами - Повторне використання та рекуперация відходів на фермах, де це можливо - Участь у будь-яких схемах використання відходів - Виконання законодавчих вимог та дотримання будь-яких рекомендованих практик, до прикладу, щодо очищення, розділення та зберігання відходів
Виробники/Імпортери	- Розробка стратегій для скорочення кількості відходів за рахунок відповідного проектування - Виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт - Участь у схемах утилізації відходів - Передача інформації через виробничо-збутовий (логістичний) ланцюжок
Науковці	- Науково-дослідні роботи з вивчення можливості утилізації відходів - Створення механізмів утилізації відходів там, де це можливо й доцільно - Участь у проєктах з використання відходів - Збір, систематизація та поширення інформації - Надання консультацій та інформаційної підтримки уряду, фермерам та іншим зацікавленим сторонам.
Компанії управління відходами	3 - Інвестування у засоби й обладнання для отримання енергії з відходів, придатних для рекуперации відходів сільськогосподарського виробництва - Побудова інфраструктури зі збору відходів
Органи місцевого самоврядування	- Включення відходів сільськогосподарського виробництва до системи планування управління відходами - Дослідження можливості забезпечення фермерів засобами й обладнанням збору відходів/ послугами зі збору відходів - Встановлення засобів та обладнання для збору відходів та/або надання послуг зі збору відходів

Досвід інших держав-членів ЄС, таких як Нідерланди, Німеччина та Франція, показує, що розвиток сильного партнерства зацікавлених сторін на загальнодержавному рівні є ключовим для стимулювання та прискорення поступу.

Для забезпечення успішності проєктів з енергетичного використання відходів необхідне сильне керівництво, участь представників усіх груп основних зацікавлених сторін, а також визначення чітких та узгоджених цілей. Рекомендовані цілі управління зацікавленими сторонами включають:

- узгодження стратегії та ролі кожної групи зацікавлених сторін;
- розробка докладних планів дій (з чіткими пріоритетами та термінами виконання);
- налагодження зв'язку з регіональними та місцевими зацікавленими сторонами;
- визначення механізмів моніторингу поступу та оцінки успішності.

III. ВИСНОВКИ

Проєкти з використання відходів для забезпечення енергетичних потреб аграрних підприємств на сьогодні є надзвичайно актуальними для України. Їх особливістю є

поєднання двох важливих проєктних цілей – зменшення енергетичної залежності та сприяння виконанню нашої державою взятих на себе екологічних зобов'язань. Завдяки цьому зазначені проєкти включають широке коло зацікавлених осіб і потребують консолідації їх зусиль при управлінні проєктами для успішної реалізації.

ЛІТЕРАТУРА / REFERENCES

- [1] Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [Електронний ресурс]: Схвалена розпорядженням КМУ від 18.08.17 № 605-р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>.
- [2] Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 р. [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 08.11.2017. № 820-р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>.
- [3] В. О. Хрутьба «Огляд стандартів управління проєктами для програм поводження з відходами в транспортно-дорожньому комплексі» *Вісник Національного транспортного університету*. № 20. с. 81-86. 2010.
- [4] Руководство к Своду знаний по управлению проєктами. (Руководство РМВОК) . - 3-изд. - Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073- 3299 USA, 2004.

APIs and Web Services Consolidation

Denis Trček

*Faculty of Computer and Inf. Science
University of Ljubljana
Ljubljana, Slovenia, EU
denis.trcek@fri.uni-lj.si*

Abstract—One main driver behind digital transformation, which is often overlooked, are services with provided application programming interfaces (APIs). This paper therefore presents a progressive framework for services integration and APIs development. It takes into account lessons learnt with complex services architectures. Aligned with these lessons appropriate implementation strategies and services extensions for RESTful architectures APIs are given.

Keywords—digital transformation, information and web technologies, digital services, application programming interfaces, integration.

I. INTRODUCTION

Digital transformation is no more just a term, which is marking future development of societies through modern information technologies, but a reality that is entering numerous sectors. As opposed to e-business paradigm in the mid-nineties that first entered economies through e-commerce, digital transformation (as understood nowadays) is taking ground first in tangible products focused sectors, while services sectors are considered next.

Nevertheless, ubiquitous integration is the final goal, and to achieve it, application programming interfaces turn out to play an important role (APIs). They enable seamless integration of various information technology (IT) services behind them. As these services are of various kinds, the paper provides an insight into the area, its historical development, and an integration approach that is built around currently most popular RESTful architectures.

II. AN OVERVIEW OF COMPLEX SERVICES

In the area of IT services, already early research focused not only on their deployment, but also on services descriptions and their discovery. This resulted in the development of Simple objects access protocol (SOAP), Web services description language (WSDL) and Universal description, discovery and integration protocol (UDDI) [1] (SOAP / WSDL / UDDI triple is also referred to as WS-* stack family or remote procedure call, RPC, style services). It should be noted that in this triple, WSDL is actually a kind of API description for SOAP environments.

The SOAP / WSDL / UDDI triple was still rather technology focused. It actually provided elementary software procedures (routines) at the business operations level. To effectively cover business needs (levels from operations to business processes in general), aggregation of the routines was needed for WS-* stack architecture. First such efforts did not succeed. A typical example was ebXML standard that was developed by UN CEFAT and OASIS [2]. In ebXML standard interfaces were given with complex business rules and high level processes description language. The intention was to start with the highest level of business processes specifications, which would make them directly transformable into program code, but these efforts failed. The architecture became increasingly complex and was very demanding in terms of required efforts and resources for their implementations. Further, automatically finding and deploying available services by using UDDI did not take ground.

The lesson learnt for our framework is that APIs extensions should not be too complex, should be offered as an option, and should be based on *de iure* and *de facto* solutions. Therefore it is not surprising that when easier deployable REST services emerged (which are a part of RESTful architectures), the business community started to deploy them extensively.

III. AN OVERVIEW OF LIGHT SERVICES

As opposed to just described services, which are typically complex to deploy, RESTful style services emerged that are much easier and less complex to deploy. Therefore before detailing out the proposed extensions to REST APIs, the existing standards in the area of RESTful architectures should be briefly given and analyzed:

- The first and the most promising industry standard is the Open API Initiative, OAI, formerly Swagger [3]. It enables discovery and deployment of a service without accessing its source code or software documentation. This specification, based on JSON data representation, is comprehensible also to humans, i.e. developers and even non-developers. OAI is currently the main initiative and it is based on open source software.

- Another competing specification is RAML (<http://www.raml.org>). It is based on a human-readable data serialization language YAML, which is a superset of JSON. Compared to Open API initiative, RAML specification is supposed to be flexible enough to support architectures like SOAP [4]. However, its rival OAI specification is clearly becoming the winning player.
- There exists another important specification, which is not an API per se, but is tightly related to APIs – this is Common Gateway Interface, CGI [5]. CGI specification goes back to advents of web creation. It is about running scripts or programs on server's side that were initially written in C (later specific scripting languages emerged like Perl). The evolution led to development and wide deployment of PHP, which is among the most popular programming languages today [6]. Although CGI gained a lot of attention, its standardization efforts never ended in *de iure* standards, be it within IETF or W3C. But contrary to a wider belief, CGI still represents a *de facto* standard. It is supported by a major web server family, Apache, which has close to 50% market share [7]. Further, as these servers are now for years natively backed by PHP, which may run in CGI mode or as an Apache module, CGI related kind of web services is more than alive.

In addition to the three main representatives given above, there exist other APIs specifications like API Blueprint (<https://apiblueprint.org/>). However, these three ones have gained most attention and will be considered in the rest of the paper.

IV. INTEGRATING BOTH WORLDS

Learning on lessons learnt with RESTful APIs which are becoming a huge success, how can we integrate complex services with lightweight ones, and still build on APIs of the latter services? Further, how this can be done by taking into account that complex services are more processes focused, while lightweight ones are more data focused? Put another way - can we make RESTful architecture also processes-aware?

The data focused and processes focused merging of the two worlds in a most straightforward way is enabled by two architectures. To detail out the proposed architecture that is based on a dispatcher (front-end processor), appropriate structuring of a service call needs to be defined. Initially, REST services were tied to XML, which is about processes and data, while now they are mostly tied to JSON, which is about data structure. Therefore an efficient way to implement dispatcher architecture is to use XML technology:

1. A minimal http server is deployed or implemented.

2. A parser is deployed that analyses the request from an originator by relying on appropriate XML schema (which defines the below presented composite service envelope structure).
3. Afterwards the request is split into REST and SOAP parts accordingly and both parts are forwarded to an intended destination servers.
4. After obtaining responses, the front-end processor forms an XML envelope, puts responses in it, and sends the envelope with responses to the originator.

The proposed solution needs minimal programming as the majority of tools already exists. For the first step an option is using Apache Tomcat server with containers, while another option is implementation of a http server that requires something like fifty to hundred lines of source code. For the second step, an option is to use widely available SAX or DOM parsers. Next, to implement the third step, XSLT (with XPath) can be used. Finally, to define the fourth step, a simple XML wrapper structure (i.e. an envelope for a composite service) like the following one can be deployed:

```
<compositeService>
  <RESTservice>
    ...
  </RESTservice>
  <SOAPservice>
    ...
  </SOAPservice>
</compositeService>
```

To detail out the second proposed architecture, which is basically tied to PHP, the approach is rather straightforward. The open source community offers solutions for years, where Apache servers are integrated with PHP. Providing REST and SOAP in this case is just a matter of configuring accordingly an installed Apache / PHP solution.

V. CONCLUSIONS

Digital transformation is penetrating business environment at a notable pace. One key construct, when it comes to IT services, are application programming interfaces, or APIs for short. Their exponential growth in recent years led to a situation where their number now exceeds 20,000 APIs, so they require appropriate attention.

Further, knowing that services (from the deployment view) may be complex (when based on SOAP / WSDL) or lightweight (when based on REST), it is necessary to integrate both of them, and offer them via unified APIs. The technological solution that is presented in this paper is rather straightforward and easy to implement.

Finally, with complex services, the documentation is more or less centered on WSDL description files, while there is no

such equivalent in the RESTful world. Therefore future issues should address users support in terms of documentation through linking both worlds accordingly.

REFERENCES

- [1] Newcomer, E., Understanding Web Services: XML, WSDL, SOAP, and UDDI, Independent technology guides, Addison-Wesley, 2002.
- [2] The OASIS ebXML Joint Committee, The Framework for e-Business, OASIS, April 2006, <http://www.oasis-open.org/>.
- [3] The Open API Initiative, The Open API Specification v3, The Linux Foundation, 2017, <https://www.openapis.org/specification/repo>.
- [4] Sandoval K., Top Specification Formats for REST APIs, Nordis APIS, September 8, 2015, <http://nordicapis.com/top-specification-formats-for-rest-apis/>.
- [5] Robinson D., Coar K., The Common Gateway Interface (CGI) Version 1.1, RFC 3875, IETF, Reston, 2004.
- [6] Cass S., The 2017 Top Programming Languages, IEEE Spectrum, July 2017, IEEE, 2017.
- [7] Netcraft, February 2017 Web Server Survey, <https://news.netcraft.com/archives/2017/02/27/february-2017-web-server-survey.html>, accessed on 30th March, 2019.

Використання Збиткових Кодів В Крипто-Кодовій Конструкції Нідерайтера

Олексій Циганенко

кафедра кібербезпеки та інформаційних технологій
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця
Харків, Україна
oleksii.tsyhanenko@hneu.net

Сергій Євсєєв

кафедра кібербезпеки та інформаційних технологій
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця
Харків, Україна
serhii.yevseiev@hneu.net

Using the Flawed Codes In Niederreiter Crypto-Code Structure

Oleksii Tsyhanenko

dept. of cybersecurity and information technology
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics
Kharkiv, Ukraine
oleksii.tsyhanenko@hneu.net

Serhii Yevseiev

dept. of cybersecurity and information technology
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics
Kharkiv, Ukraine
serhii.yevseiev@hneu.net

Анотація—досліджено основні методи побудови збиткових кодів та підходи до їх використання в крипто-кодовій конструкції Нідерайтера на модифікованих еліптичних кодах. Запропоновано практичні алгоритми використання механізму нанесення збитку MV2 в крипто-кодовій конструкції Нідерайтера на модифікованих еліптичних кодах, що дозволяє реалізувати гібридну крипто-кодову конструкцію.

Abstract—the paper highlights basis of methods for constructing flawed codes and approaches for using the Niederreiter hybrid crypto-code structure on modified elliptic codes. Practical algorithms are proposed for using the MV2 damage mechanism in the Niederreiter crypto-code structure on modified elliptic codes, which makes it possible to implement a hybrid crypto-code structure.

Ключові слова—модифікована крипто-кодова конструкція Нідерайтера, крипто-кодова конструкція, конфіденційність, цілісність.

Keywords—modified crypto-code system Niederreiter, crypto-code construction, confidentiality, integrity.

I. ВСТУП

Сьогодні кібербезпеку може повною мірою вважатися важливим аспектом діяльності будь-якого суспільства. При швидкому розвитку інформаційного середовища Інтернету, складності і трудомісткості формування захисту інформації від несанкціонованого доступу,

зростання вразливостей критичних систем до гібридних кібератак є суттєвою проблемою для різних користувачів.

Крім того, незважаючи на те, що більшість організацій вдосконалюють системи захисту інформації, кіберзлочинці продовжують знаходити способи їх обійти, виконуючи деструктивні заходи. Захист інформації передбачає досягнення та підтримку властивостей безпеки в ресурсах користувача, спрямованих на запобігання відповідним кіберзагрозам. Як наслідок, розвиток якісних програмних продуктів і національного виробництва підвищить рівень кібербезпеки держави.

На думку фахівців, NIST США одним з перспективних напрямків є використання крипто-кодових схем Мак-Еліса і Нідерайтера. Їх класичні варіації недоцільно використовувати в Інтернет-технологіях через їх вразливості та великі енерговитрати при практичній реалізації. Тому доцільним є розробка крипто-кодової конструкції (ККК) Нідерайтера з використанням збиткових кодів, яка дозволить зменшити потужність поля до $GF(2^4)$, з гарантованим рівнем стійкості та сформувати гібридну крипто-кодову конструкцію (ГККК) Нідерайтера.

У [1] запропоновано підхід до використання збиткових кодів у крипто-кодових системах. Такий підхід дозволяє будувати складні криптосистеми на основі синтезу ККК (моделі доказової стабільності) і криптосистем на збиткових кодах (багатоканальна криптографія). Такий підхід дозволяє знизити

енергетичні витрати при практичній реалізації ККК Нідерайтера на модифікованих (МККК) (укорочених / витягнутих) еліптичних кодах (МЕС) при збереженні криптографічного опору всієї системи.

У роботі [2] розглядаються методи побудови збиткових кодів і підходів до використання гібридної крипто-кодової конструкції Нідерайтера на модифікованих еліптичних кодах. Запропоновано практичні алгоритми для використання механізму пошкодження MV2 в крипто-кодовій конструкції Нідерайтера на модифікованих еліптичних кодах, що дозволяє реалізувати гібридну крипто-кодову конструкцію. Наведено результати порівняльної оцінки енерговитрат на формування інформаційного пакету з різними методами ушкодження, які визначили вибір методу ушкодження в практичних алгоритмах. Проведені дослідження підтверджують конкурентоспроможність запропонованої криптосистеми в інтернет-технологіях і мобільних мережах, забезпечуючи практичну реалізацію на сучасних платформах і необхідну криптографічну силу під пост-квантової криптографії.

II. Принцип Побудови ГККК Нідерайтера На Збиткових Кодах

Головною перевагою ГККК Нідерайтера є висока швидкість перетворення інформації (відносна швидкість кодування близька до 1). Щоб зменшити енерговитрати з гарантованим рівнем безпеки в роботі, запропонованій МККК Нідерайтера для МЕС. Такий підхід забезпечує зниження потужності поля і дозволяє реалізувати класичний варіант схеми Нідерайтера з гарантованим рівнем стійкості.

У класичній схемі Нідерайтера на першому етапі генерування криптограми, символи відкритого тексту перетворюються на символи вектора помилок на основі алгоритму рівновагового кодування. Отриманий вектор помилки на другому етапі генерації криптограми вкорочується на основі алгоритму скорочення коду, множиться на матрицю перевірки алгебраїчного (еліптичного) коду.

Після формування ключових матриць особового (приватного ключа) уповноваженому користувачеві необхідно сформувати елементи множини фіксованих відкритих текстів, які не підходять для подальшого формування криптограми (синдром вектору помилки).

Теоретичною основою для побудови збиткових текстів є усунення впорядкованості символів вихідного тексту i , як наслідок, зменшення надмірності символів мови в дефектному тексті. У той же час обсяг інформації, що виражає це упорядкування, буде дорівнювати зменшенню ентропії тексту порівняно з максимально можливим значенням ентропії, тобто рівнозначно будь-якої букви після будь-якої попередньої букви. Для отримання недосконалого тексту (FTC) і пошкодження (DCH) використовується метод «ідеального» стиснення після виконання m циклів механізму пошкодження S_m .

Використання процедури нанесення збитку в ККК можливе наступними способами:

- Спосіб 1: нанесення збитку відкритому тексту з подальшим шифруванням збиткового тексту та/або його збитку;
- Спосіб 2: нанесення збитку шифротексту;
- Спосіб 3: нанесення збитку відкритому тексту з подальшим шифруванням збиткового тексту та нанесення збитку збитковому шифротексту (Рис. 1).

Використання підходу з нанесенням збитку відкритому та зашифрованому тексту (третій) з МККК Нідерайтера для МЕС збільшує пропускну здатність, починаючи з поля $GF(2^9)$. Цей метод є найкращим підходом для побудови гібридного МККК Нідерайтера для МЕС.

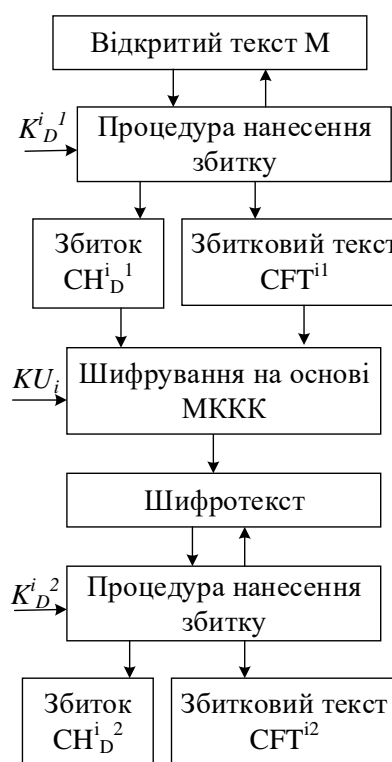


Рис. 1. Структурна схема побудови гібридної крипто-конструкції на основі нанесення збитку шифротексту.

Синтез крипто-кодової конструкції Нідерайтера з криптосистемою зі збитковими кодами дозволяє будувати складні (гібридні) крипто-кодові схеми, стабільність яких визначається силою двох криптосистем для забезпечення реалізації швидких криптоперетворень за рахунок зменшення потужності поля.

III. АЛГОРИТМИ ШИФРУВАННЯ ТА РОЗШИФРУВАННЯ КРИПТОГРАМ В ГККК НІДЕРАЙТЕРА

Алгоритм формування криптограми в гібридній ККК Нідерайтера на МЕС з використанням збиткових кодів можна представити у вигляді послідовності кроків:

Крок 1. Введення інформації, що підлягає кодуванню, елементів набору дійсних відкритих текстів. Введення відкритого ключа H_x .

Крок 2. Формування вектора похибки e , вага якого не перевищує t , коригує здатність еліптичного коду на основі алгоритму недвійкового рівновагового кодування.

Крок 3. Формування вектору ініціалізації IV_1 .

Крок 4. Формування вектору скорочення (1)

$$e_x = e(A) - IV_2 \quad (1)$$

Крок 5. Формування кодограми (2)

$$s_{r-h_e}^* = (e_n - h_e) \cdot H_x \quad (2)$$

Крок 6. Формування збиткового тексту СФТ та збитку СНД.

Алгоритм розшифрування криптограми в гібридній ККК Нідерайтера на МЕС з використанням збиткових кодів можна представити у вигляді послідовності таких кроків:

Крок 1. Введення збиткового тексту СФТ, який декодується.. Введення особистого ключа – матриць X, P, D . Введення збитку СНД.

Крок 2. Отримання довжини залишків і розщеплення збиткового тексту

Крок 3. Отримання S_{x_i} символів кодограми та формування повної кодограми (3)

$$s_x = s_{x_i} \parallel \dots \parallel s_{x_n} \quad (3)$$

Крок 4. Пошук одного з можливих рішень рівняння (4)

$$s_{(r-h_e)}^* = c^* \cdot (H_x) \quad (4)$$

Крок 5. Видалення дії матриць змішування та кратності (5)

$$c^* = c_x \cdot D^{-1} \cdot P^{-1} \quad (5)$$

Крок 6. Розкодування вектору c^* . Отримання e_x .

Крок 7. Перетворення вектору e_x (6)

$$e_x = c_x \cdot D \cdot P \quad (6)$$

Крок 8. Формування вектора помилки (7)

$$e = e_x + IV_2 \quad (7)$$

Крок 9. Трансформація вектора e заснована на використанні недвійкового рівновагового кодування в інформаційній послідовності.

Використання модифікованої крипто-кодової конструкції Нідерайтера (МККК) з додатковими векторами ініціалізації (з множиною недійсних позиційних векторів, вектора помилок і множинних позицій скорочення вектора помилки) вимагає збільшення швидкості криптографічного перетворення системи як в цілому. Використання МККК Нідерайтера на збиткових кодах дозволяє підвищити швидкість перетворення коду за рахунок зменшення потужності поля при нанесенні збитку відкритому тексту і зменшенні кількості переданих даних шляхом пошкодження шифротексту. Такий підхід дозволяє побудувати гібридні криптокодові структури на основі синтезу модифікованих крипто-кодових структур Нідерейтера на модифікованих (укорочених або розширених) кодах на еліптичних кривих з процедурами нанесення збитку. Істотною відмінністю від класичних гібридних (складних) криптосистем є використання асиметричних криптосистем для забезпечення безпеки даних з швидкими криптоперетвореннями (генерування та декодування кодограми).

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Евсеев С. П. Использование ущербных кодов в крипто-кодовых системах / С.П. Евсеев // Системы обработки информации. – 2017. – № 5(151). – С. 109-121. <https://doi.org/10.30748/soi.2017.151.15>.
- [2] Евсеев С. Розробка гібридної крипто-кодової конструкції нідеррайтера на збиткових кодах / С. П. Евсеев, О. С. Циганенко, А. А. Гаврилова, В. О. Гужва, О. В. Мілов, В. Москаленко, І. Опінський, О. Рома, Б. П. Томашевський, О. В. Шматко // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 1, N 9 (97). – P. 27-38. – Way of Access: DOI : 10.15587/1729-4061.2019.156620.
- [3] Міщенко В.О. Ущербные тексты и многоканальная криптография / В.О. Міщенко, Ю.В. Віланский. – Мінськ: Энциклопедікс, 2007. – 292 с.

REFERENCES

- [1] Evseev, S., "Ispol'zovaniye ushcherbnykh kodov v kriptokodovykh sistemakh" [Using flawed codes in crypto-code systems] // SOI . – 2017. – № 5(151). – P. 109-121. <https://doi.org/10.30748/soi.2017.151.15>.
- [2] Yevseev, S. Development of Niederreiter hybrid crypto-code structure on flawed codes / Serhii Yevseev, Oleksii Tsyhanenko, Alla Gavrilo, Viktor Guzhva, Oleksandr Milov, Valentina Moskalenko, Ivan Opirsky, Oleksandr Roma, Bogdan Tomashevsky, Olexander Shmatko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 1, N 9 (97). – P. 27-38. – Way of Access : DOI : 10.15587/1729-4061.2019.156620.
- [3] Mishchenko, V.A. and Vilansky, Yu.V. (2007), "Ushherbnye teksty i mnogokanal'naja kriptografija" [Damage texts and multichannel cryptography], Encyclopedic, Minsk, 292 p.

Модифікований Метод Сегментації Бінаризованих Зображень

Сергій Удовенко
кафедра інформатики та
обчислювальної техніки
Харківський національний
економічний університет
імені С. Кузнеця
Харків, Україна
serhiy.udovenko@hneu.net

Артем Погорелов
кафедра електронних
обчислювальних машин
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
artempogorelov@gmail.com

Ольга Дудінова
кафедра електронних
обчислювальних машин
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
betty.Dudinova@gmail.com

Modified Method of Binaryized Images Segmentation

Serhii Udovenko
Informatics and Computer
Technique Department
Simon Kuznets Kharkiv National
University of Economics
Kharkiv, Ukraine
serhiy.udovenko@hneu.net

Artem Pogorelov
Electronic Computers Department
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
artempogorelov@gmail.com

Olga Dudinova
Electronic Computers Department
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
betty.Dudinova@gmail.com

Анотація—Одним з основних завдань обробки та аналізу зображень є їх сегментація. Для можливості застосування загального методу сегментації зображень об'єктів з різною піксельною щільністю доцільно модифікувати зображення виділеної області шляхом його масштабування з заданим коефіцієнтом. У доповіді розглядається підхід до реалізації такої модифікації, заснований на попередній бінаризації зображень з застосуванням методу найближчого сусіда. Операція бінаризації дозволяє знизити похибки, пов'язані з викривленням зображення в процесі масштабування. Проведення масштабування змінює розмір зображення сегментованого об'єкта. При операції збільшення розміру зображення результуюче зображення формується шляхом багаторазового копіювання кожного пікселя вихідного зображення. При операції зменшення розміру зображення підмножини пікселів вихідного зображення, потужність яких визначається коефіцієнтом масштабування, формують єдиний піксель в результуючому зображенні. Швидкість виконання масштабування залежить тільки від розмірів кінцевого зображення і не вимагає проведення витратних обчислювальних операцій над числами з плаваючою точкою. Сегментація масштабованих зображень здійснюється з застосуванням операцій морфологічної реконструкції. Розглянутий метод апробовано для сегментації зображень одиночних об'єктів за даними астрономічних спостережень.

Abstract—One of the main tasks of processing and analyzing images is their segmentation]. For the possibility of using the

general method of segmentation of images of objects with different pixel density, it is expedient to modify the image of the selected area by scaling it with a given coefficient. The report examines the approach to implementing such a modification, based on the previous binaryization of images using the method of the closest neighbor. The binary operation allows you to reduce the errors associated with the distortion of the image during the scaling process. Scaling changes the size of the image of the segmented object. In the operation of increasing the size of the image, the resulting image is formed by repeatedly copying each pixel of the original image. In the operation of reducing the size of the image of a subset of the pixels of the original image, whose power is determined by the scaling factor, form a single pixel in the resulting image. The speed of the scaling depends only on the size of the final image and does not require spending computational operations over floating point numbers. Segmentation of scalable images is carried out using morphological reconstruction operations. The considered method is tested for segmentation of images of single objects according to astronomical observations.

Ключові слова—цифровий кадр, цифрове зображення, масштабування, бінаризація, морфологічна реконструкція, сегментація зображень

Keywords—digital frame, digital image, scaling, binarization, morphological reconstruction, image segmentation

I. ВСТУП

Сегментація зображень передбачає виділення областей зображення з важливими об'єктами, з перевіркою кожного пікселя виділеної області на належність до зображення об'єкта [1, 2]. Результат сегментації може бути представлений у вигляді бінарного зображення: піксель, що належить зображенню об'єкта, представляється одиницею або номером об'єкта, в іншому випадку він дорівнює нулю.

У процесі сегментації, вихідне зображення розбивається на області з відповідними межами. У найпростішому випадку, коли яскравість виділених областей різко відрізняється від яскравості фону, виконання сегментації є відносно нескладним завданням. Однак іноді зображення (зокрема, в астрономічних спостереженнях) є зашумленими і викривленими використовуваними оптичними системами, що призводить до розкиду значень яскравості на зображенні і розмиття кордонів виділених областей. Крім того, зображення, що підлягають сегментації, можуть мати неоднорідну піксельну щільність, що додатково ускладнює завдання сегментації.

В таких умовах точне виділення зображень одиночних об'єктів є нетривіальним завданням, що визначає підвищені вимоги до використовуваних методів сегментації зображень.

Для можливості застосування методу сегментації зашумлених зображень об'єктів з неоднорідною піксельною щільністю доцільно здійснити попередні операції фільтрації та бінаризації, а потім модифікувати зображення виділеної області шляхом його масштабування з заданим коефіцієнтом.

II. СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ З НЕРІВНОМІРНИМ ФОНОМ

Залежно від використовуваних показників і способів подання вихідного зображення, виділяють порогові, гістограмні та статистичні методи сегментації зображень, а також методи сегментації областей.

В порогових методах сегментації задається критичне значення яскравості, відповідно до якого вся множина пікселів зображення розбивається на дві підмножини: підмножину пікселів, віднесених до зображень об'єктів, і підмножину пікселів, віднесених до фону [3].

Для виявлення зображень об'єктів на цифровому кадрі часто використовуються кореляційні засоби, які представляються просторовою згорткою отриманого зображення з маскою у вигляді просторової форми очікуваного зображення об'єкта. Для зменшення обчислювальних витрат розмір області обчислення просторової згортки може обмежуватися 9 пікселями.

Вирішальне правило виявлення зображення об'єкта зводиться до зваженого підсумовування яскравості пікселів цифрового кадру і подальшого порівняння даної суми з наперед заданим критичним значенням [4].

Розглянемо можливість виділення зображень об'єктів кореляційним методом з обмеженими обчислювальними витратами. В загальному випадку доцільно перенести прийняття рішення про наявність на кадрі об'єктів на етапи сегментації і оцінки параметрів зображень об'єктів. Однак сегментація зображень об'єктів на цифровому кадрі з прийнятною точністю вимагає значних обчислювальних витрат. Для їх зниження необхідно проводити попереднє виявлення зображень об'єктів на цифровому кадрі. Нерівномірність фонові підкладки цифрового кадру призводить до необхідності її попереднього яскравісного вирівнювання [2].

III. МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД СЕГМЕНТАЦІЇ БІНАРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Метод сегментації зображень одиночних об'єктів, що пропонується, передбачає реалізацію таких послідовних операцій: попередня обробка цифрового кадру з використанням низькочастотного фільтру; виявлення множини Ω_{detimg} одиночних об'єктів на цифровому кадрі; формування та масштабування бінарних зображень областей сегментування; сегментація бінарних зображень одиночних об'єктів з застосуванням операцій ерозії, морфологічної реконструкції та дилатації.

Попередня обробка цифрового кадру здійснюється для зменшення кількості помилкових піків перед початком сегментації з використанням згладжуючого цифрового фільтра низьких частот:

$$A_{ijk} = \sum_{m=1}^{n_m} \sum_{l=1}^{n_m} M_p(m, l) A_i(i-m, k-l),$$

де $A_i(i-m, k-l)$ – яскравість ik -го пікселя вихідного (невідфільтрованого) цифрового кадру; A_{ijk} – яскравість ik -го пікселя відфільтрованого цифрового кадру; M_p – квадратна матриця розмиття; m, l – індекси елементів матриці розмиття, $m = -n_m, n_m, l = -n_m, n_m$.

Сегментація зображень об'єктів на цифровому кадрі починається з попередньо визначених стартових пікселів. Стартовим пікселем сегментації зображення j -го об'єкта визначається пік даного зображення, який характеризується заданими координатами. В околі цих координат формується прямокутна область сегментування Ω_{imgj} з кутовими розмірами, що задаються з припущень про розмір зображень об'єктів на досліджуваному типі цифрових кадрів і однакові для всіх сегментованих зображень гіпотетичних об'єктів.

Для зменшення кількості оброблюваної інформації і обчислювальних витрат пропонованого методу сегментації зображень об'єктів доцільно застосувати бінаризацію зображення. Головним параметром перетворення вихідного зображення області сегментування Ω_{imgj} в бінарне зображення області $\Omega_{binimgj}$ є граничний коефіцієнт відбору пікселів k_c . Одиницями в

бінарному зображенні заповнюються пікселі, яскравість яких задовольняє правилу перетворення вихідного зображення в бінарний формат (правило бінаризації).

Ефективність бінаризації зображення з нерівномірним фоном визначається в тому числі точністю оцінки параметрів фону в околі сегментованого зображення об'єкта. З одного боку, для більш точної оцінки параметрів фонові підкладки фрагмента зображення доцільно зменшити розмір фрагментів, щоб виключити вплив засвічень від зображень яскравих об'єктів. З іншого боку, при зменшенні розміру фрагментів з'являється небезпека, що зображення сегментованих об'єктів, розміри яких апріорно невідомі, перевершать розміри фрагментів, до яких вони належать.

Для можливості сегментації зображень об'єктів з малою і великою кількістю пікселів одним методом доцільно модифікувати зображення виділеної області шляхом його масштабування з заданим коефіцієнтом μ_{sc} [5].

Операція бінаризації дозволяє уникнути труднощів, пов'язаних з викривленням зображення в процесі масштабування. З існуючих методів масштабування для бінарного зображення доцільне застосування методу найближчого сусіда [6].

Проведення масштабування змінює розмір зображення сегментованого об'єкта. При операції збільшення розміру зображення результуюче зображення формується шляхом копіювання μ_{sc} раз кожного пікселя вхідного зображення (рис. 1а). В рамках операції зменшення розміру зображення кожні μ_{sc} пікселів вихідного зображення формують єдиний піксель в результуючому зображенні (рис. 1б). При цьому, якщо значення хоча б одного з пікселів вихідного зображення було рівним одиниці, значення результуючого пікселя буде теж дорівнювати одиниці.

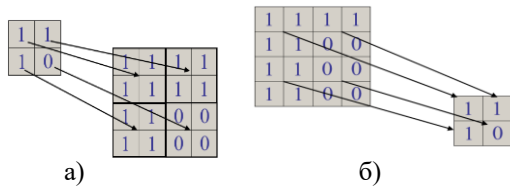


Fig 6. Операції збільшення (а) і зменшення (б) розміру бінарного зображення при масштабуванні

Розглянемо деякі особливості морфологічної обробки бінарного зображення області сегментування. Яскравість пікселів зображень об'єктів, зазвичай, перевищує яскравість фонові підкладки. На сформованому бінарному зображенні області сегментування j -го зображення об'єкта $\Omega_{binimgj}$ пікселі з яскравістю, що перевищує задану, відзначаються одиницями. Очевидно, що зображення j -го сегментованого об'єкта є зв'язною областю, що представляє собою множину пікселів, між будь-якими двома з яких існує шлях, тобто існує неповторювана послідовність пікселів зі значеннями яскравості $A_{jk} = 1$, які також належать даній області. За

рахунок ряду факторів, включаючи апріорне завдання розмірів області сегментування, її бінарне зображення $\Omega_{binimgj}$ може містити пікселі, які не належать зображенню j -го сегментованого об'єкта. Для виключення паразитних пікселів в обробці бінарних зображень доцільно використовувати операцію розмикання. У загальному випадку, операція розмикання видаляє паразитні лінії і інші артефакти, товщина яких менше, ніж використований структуруючий елемент B_{str} . Операція розмикання виконується шляхом послідовного проведення операцій ерозії і дилатації з тим же структуруючим елементом.

Слід зазначити, що сегментація проводиться послідовно для всіх областей сегментування. У кожній області сегментування виділяється тільки один сегмент, центр якого збігається з центром області сегментування і одночасно є піком сегментованого зображення об'єкта. Таким чином, операція морфологічної реконструкції зводиться до операції виділення зв'язкових компонент. Стартовим пікселем для проведення операції морфологічної реконструкції є пік зображення j -го сегментованого об'єкта. В результаті зазначеної операції формується реконструйоване бінарне зображення $\Omega_{binrecj} (\Omega_{binrecj} \subseteq \Omega_{binimgj})$, на якому залишаються пікселі зі значеннями яскравості, зв'язані з піком сегментованого зображення. Розглянутий метод апробовано для сегментації зображень одиночних об'єктів за даними астрономічних спостережень.

IV. ВИСНОВОК

Запропонований метод дозволяє здійснювати сегментацію зображень одиночних об'єктів на цифрових зображеннях з попереднім використанням згладжуваючого цифрового фільтру низьких частот та вирівнюванням яскравості цифрового кадру, а також здійсненням операції розмикання з додатковою морфологічною реконструкцією, що дало можливість зменшити кількість помилкових виявлень об'єктів при обчислювальних витратах, близьких до мінімальних.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] K. Manohar, A. S Patil, "Review on Techniques of Image Segmentation," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 201 – 209, 2016
- [2] R.C. Gonzalez, R.E.Woods. *Digital Image Processing*: Prentice Hall, 2008.
- [3] S. Melih., *Probabilistic and Geometric Shape Based Segmentation Methods*: University of Louisville., 2012.
- [4] L. Lahouaoui, T.Mohamadi "A comparative study of Image Region-Based Segmentation Algorithms," *IJACSA*, vol. 4(6) – pp. 119 – 127, 2013
- [5] A. Pohorelov, V. Savanevich, S. Udovenko, "An investigation of the reduction model power influence on the accuracy of the object's position assessment using relative method," *Eastern-European Journal of enterprise technologies*, no. 4/4 (82), pp. 42 – 49, 2016
- [6] X. Ren, J. A. Malik, *Probabilistic Multi-scale Model for Contour Completion Based on Image Statistics*, ECCV '02, Copenhagen.– vol.1, – P. 312-327, 2002

NTP Monitoring In Modern Telecommunications

Vyacheslav Vakas
Private Joint Stock
Company "Kyivstar"
Kyiv, Ukraine
v.vakas@ieee.org

Oleksandr Manko
Educational and Research
Institute of
Infocommunications and
Software Engineering
Odesa National A.S. Popov
Academy of
Telecommunications
Odesa, Ukraine
manko_kiev@ukr.net

Dmytro Domin
Ukrainian testing and
certification institute of
electrical equipment
UkrTEST
Kyiv, Ukraine
dima.domin@gmail.com

Nataliia Fedorova
State University of
Telecommunication
Kyiv, Ukraine
Natasha_f@ukr.net

Abstract—*The NTP (Network Time Protocol) protocol, which is widely used on communication networks for providing equipment with accurate time stamps, is considered. It can also be used to synchronize telecommunications equipment. Methods for monitoring signal quality are also presented.*

Keywords—*NTP (Network Time Protocol), synchronization, package networks, measurement of parameters stability, PDV (Packet Delay Variation), Monitoring System.*

I. INTRODUCTION

The NTP protocol exists since the 70s of the last century. It was originally intended to provide precision time signals of servers and workstations in the IP network. Over time, it found wide application in telecommunications networks. In the transition of communication networks to the IP transport environment, it is the most popular method for timing today. In addition to providing accurate time signals using this protocol, it is possible to provide the reference frequency for network nodes. This is especially relevant when introduction advanced options of LTE technology that require phase synchronization of base stations.

However, there is a question about quality of NTP signals monitoring while passing over an IP / MPLS network. In telecommunication systems, all norms for time accuracy and frequency stability are set relative to the scale and frequency of UTC. The time of an event is an abstract concept that serves to order events in some given frame of reference, which is called the time scale. The art of counting time is to reconcile disparate time intervals.

However, the formulation of the task of remote comparison of time clocks embedded in switching nodes that are connected via an IP network is associated with poorly controlled sources of disturbances - transmission delay variations and network jitter due to queues in routers, path overload and an unpredictable number of hops.

To overcome the difficulties caused by these costs of producing an IP network, a set of NTP softening algorithms has been created [1,2]. As a result of the 40-year evolution of the NTP protocol, it was possible to achieve an accuracy of

remote time comparisons up to 10–100 milliseconds on the global network and up to 1–20 milliseconds on corporate networks. A rather expensive price can be achieved with an accuracy of time comparison using the NTP protocol up to 1 - 25 microseconds, but only in the local network.

II. FORMULATION OF THE PROBLEM

The answer to the question of how accurate a time comparison using the NTP protocol can be depends on many specific conditions, including the operating system and network structure. Absolute accuracy relative to UTC is difficult to determine even with local precision reference clocks. This cannot be said about the error caused by the asymmetry of delays, when transmission delays in the forward and reverse directions differ significantly from each other. Experience shows that these delays are subject to strong changes in the public Internet in the context of continuous reconfiguration of the network by service providers. Therefore, in the monograph [1], the question of what is the expected accuracy in the global Internet, is called nontrivial, and the answers to it are disappointing. The suggested assumption about the possibility of time comparisons with accuracy of several milliseconds to several tens of milliseconds, and in overloaded channels - up to 100 milliseconds, the author of the book [1] calls too optimistic for the global Internet, which, in his opinion, is a space of storm statistical noise.

According to the most pessimistic estimates as a result of the statistical processing of the 1997 research results, the maximum of the integral distribution function of the time variances over the ensemble of customers is 686 ms, and the average value is 234 ms.

The International Electrotechnical Commission has very strict requirements. Thus, IEC 61850 standard establishes the gradations of the quality of synchronization of in-plant automation of power engineering enterprises in 5 accuracy classes from 1 ms to 1 μ s. At the cost of significant expenses with significant modifications of the serial Ethernet switch and typical solutions of the simplified NTP (SNTP) it is possible to ensure the accuracy of the class T3 - no worse than 25 μ s [2]. This is the maximum achievable result for

NTP, which can be found in the technical periodicals [2]. This result can be repeated on the real network of the carrier.

Until recently, the NTP protocol was widely used for frequency synchronization, for example, of mobile base stations in an IP environment [2]. In the monograph David Mills [1] reference frequency in a packet transmission medium described. Assessment of reference frequency stability in a new transmission medium and new technological protocols, new measured parameters of the stability of synchronization signals [3,4] were developed, allowing to evaluate the quality of stability in a packet environment.

For estimation network parameters like frequency stability, two-way and one-way packet delays and PDV (Packet Delay Variation) measurements based on calculations and data comparison is used [5]. In such measurements we use built-in meter (measurement data sensor) integrated into the server and / or client in order to extract measurement results and the corresponding server (client) log files. After processing measured data and calculating quality indicators they compared with normalized limits.

When introducing new technologies, in particular LTE, the issues related to the section of time-frequency support of communication sessions, as well as the problems of coordinating the scales of local time keepers in the geographically separated telecommunication infrastructure, do not lose their relevance. In the context of an active transition from some technologies to next-generation networks, synchronization issues are confronted by specialists with increasing power, as the exact adherence to universal time ultimately results in an increase in the availability and quality of services provided.

Currently, NTP is mainly used to provide time stamps for a large amount of equipment on mobile networks. These are base stations of all types of technologies, and integrating devices of the IP / MPLS network, and switching centers of all levels of the hierarchy, and various dedicated services, and, of course, the entire IT structure. All this equipment is NTP clients in the client-server structure. The number of such NTP clients on the networks of large mobile operators reaches about 30,000 - 40,000 units.

III. NTP SUBNET PLANNING

System planning of NTP subnets, even for large networks, is no more difficult than designing services based on other subnets (mail or domain name service), but there are some specific features in the distribution of time. There are several design criteria, as a rule, contradictory: ensuring a given accuracy, a stable count of time in conditions of unlikely failures and overloads, minimization of dependence on server parameters and location, simplicity and ease of configuring clients. As the modern operating experience of NTP subnets shows, the majority of serious violations of work occur in the form of random blocking of servers with low performance.

For example, an NTP client can be configured to send packets at 1-second intervals to a single dedicated server. Initially, while the number of such clients is small, serious problems do not arise, but as modern telecommunication

networks develop, the number of network elements with NTP clients increases very quickly and the server ceases to have time to process requests.

On Stratum 1 of this network, there are existing relatively inefficient servers evenly distributed over the network. The reference clock for them are GPS receivers. On the Stratum 2, you should install high-performance, multi-port carrier-class NTP servers so that in the configuration list of each of them all Stratum 1 servers are included within a radius of ~ 500 km. The rms deviation of the time difference at this distance is not more than 10 - 20 ms. Geographically, Stratum 2 servers should be placed in such a way that from any NTP subnet three of them would be accessible at a distance of no more than 300 km.

If the course of the local clock should be coordinated with the nominal time scale from a remote source, then regular adjustments of the time and frequency adjustments of the local clock should be provided. To synchronize the frequency means to adjust the frequency generator so that it is the same for all clocks, to synchronize time means to coordinate the clocks at certain epochs with the nominal time scale (usually, this is UTC) and clock synchronize - means to synchronize both the frequency and time. The goal of the remote time comparison is to calculate the discrepancy of the scales.

The next feature of the propagation of NTP signals is the constant deviation of the time scales of various NTP servers in the event of a deliberate absence of time synchronization on the routers of the IP / MPLS network pilot area.

Consequently, when planning NTP subnets on networks with a distributed architecture, tasks to optimize the number of time signal servers arises, taking into account their speed, their backup schemes, geographic location, as well as creating a unified and complete monitoring system by comparing time scales [5].

When comparing time scales, which is actually the main task of time synchronization, one should take into account the errors inherent in NTP messages. The main methods for the practical estimation of the errors of NTP signals are given in Chapter 11 of the David Mills monograph [1].

IV. NTP SIGNALS MONITORING

An IP / MPLS multiservice network can be used for transport infrastructure at a much lower cost. High availability of the communication network is ensured by redundancy mechanisms, load control and management, and the use of traffic redirection mechanisms in the event of network congestion or failures at network nodes.

We can conditionally replace the PTP server with NTP. The circuit serves for preliminary processing of reference signals received from remote NTP2 and NTP3, before these signals are sent to the network. The calibration signal is used in the averaging scheme to generate a control signal for a local adjustable oscillator. The stability of the resulting signal after such processing is no worse than the short-term stability of the local quartz oscillator, the average stability of the local NTP1, and the long-term stability of the GPS receiver.

If there are several NTP servers on the network, the choice of the best quality is achieved using a multi-pass phase-locked loop PLL with a digital control of an adjustable oscillator. In such a system, one of the input signals from the crystal oscillator provides stability at short-term measurement intervals. A local GPS receiver contributes to the stability of the resulting output signal at medium-time intervals, and in the event of its failure, one or two remote NTP servers contribute. In such a multi-input phase-locked loop system, the stability of the resulting signal at the output turns out to be no worse than the stability of any of the existing sources, and all of them serve to adjust the output signal.

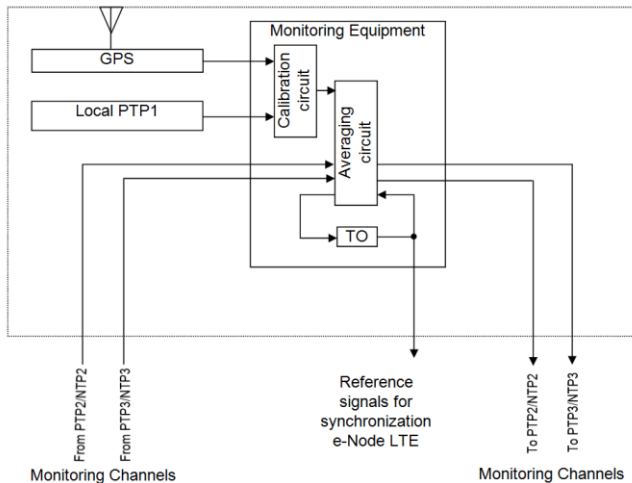


Fig. 1. Monitoring the quality of PTP/NTP signals

A local quartz adjustable oscillator with the best short-term frequency stability is connected directly to the output of the control loop. GPS and local NTP server signals are used to adjust the signal through a calibration circuit that generates the first reference signal for the closed loop averaging scheme. The time constants of the calibration circuit and control loops are chosen so that the prevailing influence of each of the reference signals is selective and maximizes overall stability and accurate time stamp of the output signal.

Frequency synchronization (syntonization) of 3G / LTE base stations used to compare time in the PTP protocol in combination with differentiation of the time error. That can fully comply with the NTP protocol in our case. The result is a remote estimate of the relative frequency. Gradually come to that fact that simply refreshing the concepts of SDH synchronization networks and, on this basis, evaluate the relative frequency of the signal delivered to the consumer as a derivative of the time error turns out to be insufficient. In LTE / LTE-A networks problem is not only syntonization, but also base stations time synchronization and the problem of abandoning old skills becomes even more acute. That is, the NTP protocol can again be used to synchronize base stations, but already phase.

It should be noted that for NTP signals, as well as PTP, PDV values can be measured [5].

Measurements with nanosecond precisions can be achieved with appropriate hardware timestamping mechanism. They can be calculated from measurement data and from log files with respect to operational parameters of quality of MTIE / TDEV / MAFE / FPP / FPC / PDV.

But calculated results can be insufficient to assess the synchronization signal. In that case it is necessary to obtain measured data from additional parameters. Minimally it is MTIE / TDEV / MAFE / FPP / FPC.

Today is no clear understanding of the full list of operational parameters [5,6].

We can only just assume that MAFE parameter can determine quality of the main signal in synchronization packet network [5,6].

V. CONCLUSIONS

Monitoring the quality of NTP signals and the implementation of a monitoring mechanism for networks that can use frequency-phase synchronization are considered reviewed.

Based on the above, it is advisable to develop a departmental methodology for assessing the quality of NTP-clients of base stations offered by different suppliers.

This scheme is the most optimal for building synchronization networks for LTE technology. In this scheme, the maximum efficiency of using NTP servers is achieved, each of which is not just in “hot standby”, but is acting and makes a direct contribution to the stability of the reference signals.

Thus, a method of mutual monitoring of distributed primary synchronization devices was developed with the aim of their effective use provided that the built-in and dedicated synchronization networks are combined.

REFERENCES

- [1] D.L. Mills. Computer network time synchronization: the network time protocol. CRC Press, 2006.
- [2] V.I. Vakas, N.V. Fedorova. Monitoring and measurement of synchronization signal parameters in IP/MPLS-network / International Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology": 23th international IEEE conf., 9-13 September 2013, Proceedings. – Sevastopol, Crimea, (Ukraine), 2013. – P. 273-273.
- [3] N.V. Fedorova, D.A. Domin. Parameters of Synchronization Signals in IP/MPLS networks. / Scientific proceeding of Ukrainian research institute of communication. – Kyiv, Ukraine, 2016, №1 (41). – P.44-51.
- [4] V.I. Vakas, N.V. Fedorova, D.A. Domin. Measurements of parameters stability of synchronization signals in package networks. / Communication. – Kyiv, Ukraine, 2016, №1. – P.40-43 (in Russian).
- [5] V.I. Vakas, D.A. Domin, O.O. Manko, O.O. Kulinskyi. Evolution of Stability of Synchronization Parameters in Packet Networks. / 2017 IEEE First Ukraine Conference on electrical and computer engineering (UKRCON) May 29 – June 2, 2017, Proceedings. – Kyiv, Ukraine, 2017. – P.886-889.
- V.I. Vakas, D.A. Domin, O.O. Kulinskyi. Monitoring of stability of synchronization parameters in LTE network. / 2th in-ternational conference on Advanced information and communication technologies – 2017 (AICT - 2107) 4-7 July, 2017, Proceedings. – L'viv, Ukraine, 2017. – P.201-204.

Software for Automated Design of Network Graphics of Software Systems Reengineering

Stanislav Velykodniy

Department of Information Technologies

Odessa State Environmental University

Odessa, Ukraine

velykodniy@gmail.com; ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-8590-7610>

Zhanna Burlachenko

Department of Information Technologies

Odessa State Environmental University

Odessa, Ukraine

7035373@ukr.net; ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-8451-5527>

Svitlana Zaitseva-Velykodna

Department of Informatics

Odessa State Environmental University

Odessa, Ukraine

svetlana.zaitseva@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7453-8821>

Abstract–The subject of the work is the construction of a graphical network model of reengineering of the software system. Purpose of the paper is development of software for increasing the level of automation of designing network charts for the organization of production by reengineering software systems in the framework of project management. The task before creating a software tool is the ability to work with all types of network charts with the possibilities of their comprehensive transformation. Project decisions proposed by the authors are the results of the article. The content of the design part is determined, firstly, by the specifics of the planning of software projects reengineering, and secondly, by the features of specific technical proposals for a project that is manageable. Conclusions. The architecture is developed in the form of several structural and behavioral diagrams, namely: use case diagram, which provides an analyst with a detailed idea of the software field of application; sequence diagram that is designed to create a programmer's imagination on how to perform actions when working with a future program tool; statechart diagram that is required for a visual representation of those states in which the software can be at different times; class diagrams that are used to design the main form filling of the future software; component diagram that is designed to examine the composition of the components of the future software and indicate the sequence of compilation and assembly of individual modules. The numerical and temporal estimation of the planning parameters is based on the data obtained from the Gantt design charts.

Keywords–*project management; graph; network schedule; software; reengineering; CASE-tool; UML-diagram*

I. INTRODUCTION

The process of a project creation, prototype, preimage of the future object, condition and methods of its production is called design. In engineering, design is understood as the development of project, construction and other technical documentation designed to provide for the creation of new types and patterns. In designing a systematic approach is used, which consists in the establishment of the structure of the system, such as links, defined attributes, and the analysis of the effects of the environment. In the design process, technical and economic calculations, charts, graphs,

explanatory notes, estimates, calculations and descriptions are made.

One of the main components of design is planning, defined as a pre-scheduled procedure or an optimal allocation of resources necessary to achieve the goal. Network planning is one of the forms of graphical representation of the content of work and the duration of implementation of strategic plans and long-term complexes of project, planning, organizational and other activities of the enterprise.

Along with linear charts and table calculations, network planning methods are widely used in the development of perspective plans and models for the creation of complex production systems and other objects of long-term use. Network plans of enterprises to create new competitive products include not only the total duration of the whole complex of design and production and financial and economic activities, but also the duration and sequence of the implementation of individual processes or stages, as well as the need for the necessary economic resources.

II. DETERMINATION OF PREVIOUSLY UNSETTLED PARTS OF THE GENERAL PROBLEM

The general content of the graphs [1] is as follows: linear or ribbon graphs on a horizontal axis at a selected time scale, postponed the duration of work in all stages and phase of production, the content of the work cycles depicted on the vertical axis with the required degree of their division into separate parts or elements.

At domestic enterprises, cycles or linear charts, as well, are used in the process of short-term or operative planning of production activities [2]. The main disadvantage of such plans-schedules is the lack of the possibility of close interconnection of individual works in a single production system or the overall process of achieving the planned end-goals of the company (firm). Network graphs serve not only to plan a variety of long-term jobs, but also for their coordination between executives and project implementers [3], and network charts are needed to determine the necessary productive resources and their rational use. Automated Enterprise Resource Planning (ERP) systems typically

include computer programs [4] that automate some of the steps in drawing up and updating network graphs in one form or another, but such programs have a fairly high licensed price and are not suitable for a domestic producer [5].

Thus, the purpose of the work is to development of software for increasing the level of automation of designing network charts for the organization of production by reengineering software systems in the framework of project management. The object of work is the network planning of the production process. The subject of the work is the construction of a graphical network model of reengineering of the software system. The task before creating a software tool is the ability to work with all types of network charts with the possibilities of their comprehensive transformation.

III. MATERIALS AND METHODS

The article deals with network planning for the PERT methodology, use of elements of graph theory and Gantt chart method as an accounting method for project management. The simulation of the system software architecture is carried out within the UML (Unified Modeling Language) 2.5 methodology using the Enterprise Architect 14 CASE.

IV. RESEARCH RESULTS

The development of the system architecture of a software tool for network planning management of a software project reengineering (hereinafter referred to as software) shall be started with design of a Use-Case Diagram (UCD). UCD's are used to provide an analyst with a detailed picture of the application development industry. With the help of UCD, it becomes clear what the product is intended for, subsystems and modules it operates, links which are the elements and the entity in it. The central element of the projected UCD is a network graph (NG), depicted as an actor with a stereotype "business actor". The actor "NG" has a variety of connections, most of which associations with the stereotype "uses", but also there are dependencies. It can be seen from UCD that NG's are used in all applications associated with the list mentioned.

Let's turn to the consideration of the essence, which is connected with the NG type of connection dependence "dependency". On the diagram of use case it is a package "Software Development", the implementation of which is really based (depends) on NG. The composition of the package includes many entities, united by links, the collection of which is the enclosed designed subdigraph of the diagram of use case, which has a graph similar to the topology.

Software engineering and computer science in general are one of the areas where NG is most often used, therefore the package is submitted and presented as a separate dependent structure. The complexity and the large number of modules and protocols in modern software products greatly complicates the understanding of their work, management and optimization. Therefore, NG programs are often compiled, and most often it is done automatically by assemblers, compilers, or parsers.

Sequence Diagrams (SD) are designed to create a programmer's imagination on how to perform actions when working with future software, which are formed by the system architect. There are, as a rule, two types of SDs: the SD for displaying programmer actions when developing the software and the SD for displaying user actions while continuing to work with future software. SDs of the second type are used to create user instructions that are an integral part of software and methodological complexes. This type of SD is designed in the given article, since for the implementation of the reengineering of a software project, it is necessary to understand the principles of the software work.

State Machine Diagram (SMD) is required for a visual representation of those states of software in which it can be at different times. In other words, we can say that states describe the behavior of software, which, in turn, can depend both on user instructions and on the computational procedures of the software itself. As can be seen from the name of the chart – the key points in it – are state (state), representing, of its kind, the point of stopping the work of the software or the collection of statistical and technical information (logging). Each state has entry points and exit to this state, and there may be several such points (both for inputs and outputs) – precisely for fixing these positions within the state – there is such a concept as the "state history", which optionally turns on in the specification of each state and has the designation: the letter "H" (history), which is presented in a circle.

In addition, important for the SMD, as well, there are transitions, which are the relationships between states. Each transition has a syntax that reveals the mathematical or physical process that caused this transition. In turn, the syntax, in addition to the name of the transition, may contain a limiting condition (it is given in rectangular brackets []) – in case of failure of which – the transition is impossible. The SD, as shown in the figure, is a cascade model of the design of the software, where, as a gradual stage of the implementation of the states, the main diagonal of the diagram with many branches (depending on the points of exit from the concrete states) is in different directions.

Activity diagram (AD) is intended to reflect the activity of a particular object, during the analysis of the action of interest. With the help of AD, you can research and protocol the flow of information flows that are required for the creation of further software. AD emulate some aspects of the SD and SMD, but only in AD is the ability to design complete algorithmic cycles, based on which the blocks "Decision" will stand. The main essence of AD is the so-called activity (Activity), which is the essence similar to the state of the SMD. Activity shows the specific actions of the software process. Also, on AD there are transitions that have the same nature as the transitions to the SCD, with the same limiting conditions. In addition, there are activity paths on AD, which indicate the allocation of boundaries and activity zones of each of the objects. Designed AD for the main information flow ("I-Flow") of software design of NG is shown as activity paths "User", "Interface" and "Compute and

Memory Area". Their names are in the upper part of AD, and the activity limits are separated by solid lines.

Class diagrams (CD) are used to design the main form of contents of future software. As for UML notation, classes contain attributes (self-encapsulated data of different origin) and operations (actions on these or other data). Each specific attributes and class operations that are designed in the provided software are shown in Fig. 6. In addition to the classes on the CD, connections or relationships are also important for analysis (this is a more precise definition for CD). In general, entities or relationships, in relation to the

methodology of CD – there is a rich diversity, but let us dwell only on those that are present in the designed CD of software (Fig. 1) and need additional clarification.

The central class on the CD is a class interface ("Interface UMP"), which is a graphical user interface software. This class first appears to the user in the form of a bootable primitive class "Project form", which has a compositional relationship with the class "Interface" and defines the primary geometric dimensions of the interface window. Also in front of the user will appear a menu bar, whose elements – are attributes of the class "Interface UMP".

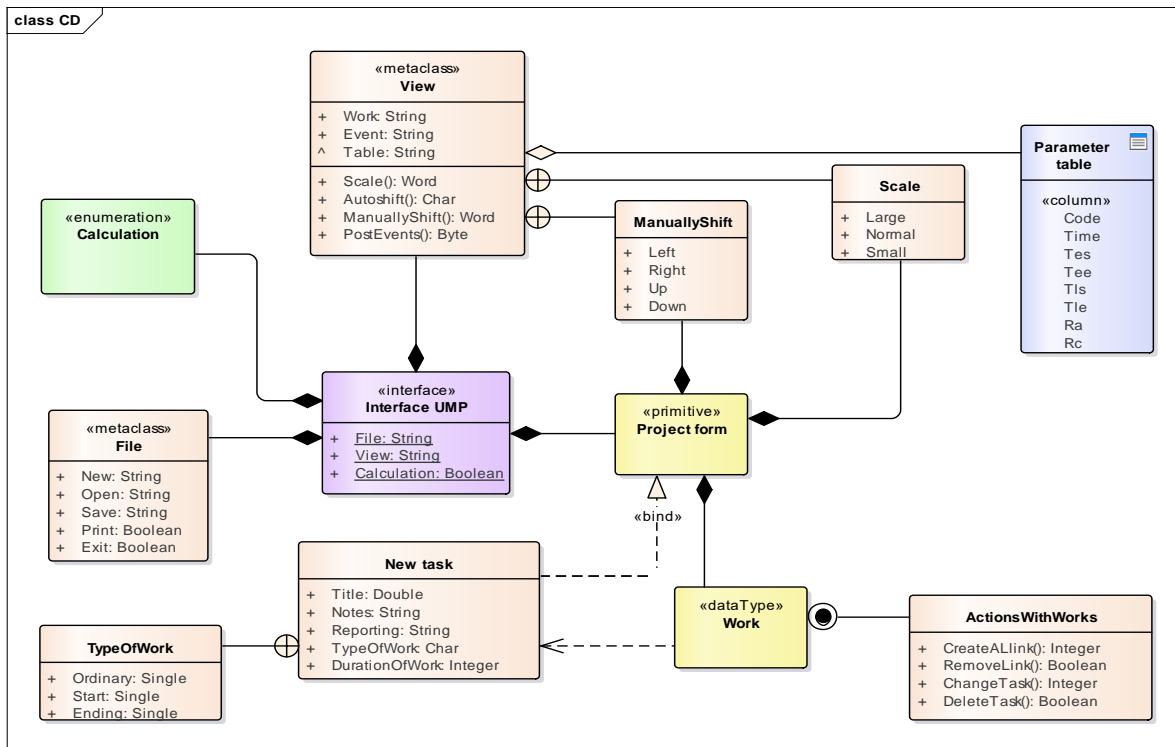


Fig 1. Class Diagram

Calculation class (enumeration) "Calculation", which is related to the compositional relationship with the "Interface UMP" class, implements the numerical (tabular representation parameters) and graphical (critical path) of the NG parameters. The "New Task" class attached (relation "Bind") to "Project Forms" is intended to create new and subsequent edits of an existing data type "Work", which is a graphical representation of the "Work" contents. The nesting class "Type of Work" is attached to the "New Task" class. It forms the types of work that differ in the presence or absence of incoming and outgoing links.

Component diagram (CPD) is intended to study the composition of future software components and to indicate the sequence of compilation and assembly of individual modules. The main requirement for CPD is standardized – there are no cycles, that is, the consistency of the components should be clear and transparent. The programmer works with the components that may be available to him – in reverse

order. Designed by Component diagram software is shown in Fig. 2

Detailed study shall be applied to the structure of Component diagram. The first component that the programmer deals with is the artifact or the shortcut for the "Link for UMP (* . lnk)" attached to the executable "UMP.exe" that launches the new project through the exposed interface components "Interface Visibility". This component serves as the interface to the "Interface UMP" , which includes port help and port driver. Port help has connected to it document aircraft "Help index . Gid", which may be optionally called by the user in case of a complicated situation with the project. Through the Port Driver – an artifact containing special data is connected – Device Driver Profile "Device Driver . ddp". From this driver, the mode and support of the solving ability of the entire software interface depends.

Also, the "Device Driver ddp" component depends on the form of the Delphi Module "Module Form .dfm" and the package component of the "Delphi Compiled Module dcu", which also depends on "Module Form . dfm" Thus, the package component "Compiled module Delphi (*.dcu)" has a double arrangement (Fig. 2). The package component "Compiled module Delphi (*.dcu)" is main for the range of the components, namely for: executable file "UMP exe", described above; document artifact "Status Information", which contains technical information on the current and final state of the project; object "Default project dpr," which is downloaded as a template when creating a new project and which (if necessary) can be modified and supplemented.

Cumulative database component "Dbase resource . res" has double arrangement and is compiled each time on addition or change of information in document artifact "Status

Information" and object "Default project . dpr". Executable file "UMP . exe" is main for: artifact or contact shortcut "Link for UMP (* . lnk)" described above; document artifact software options and parameters "Options . ini", which contains technical information on the latest geometric size of the project form set by the user; Web-document artifact "Graf . htm", which reflects the final formed topology of the placement of tasks on NG; thus Web-document artifact "Graf . htm" forms (realize) the object itself "Graf . bmp" as an independent (standalone) bmp-file that can be saved (printed, sent, etc.) and edited. Thus, document artifact "Options . ini" and Web-document artifact "Graf. htm" are arranged as abstraction dependency, which means creating them as essences only for the needs of the user and with the necessity of his participation (making changes in size, printing teams or Web-conversion).

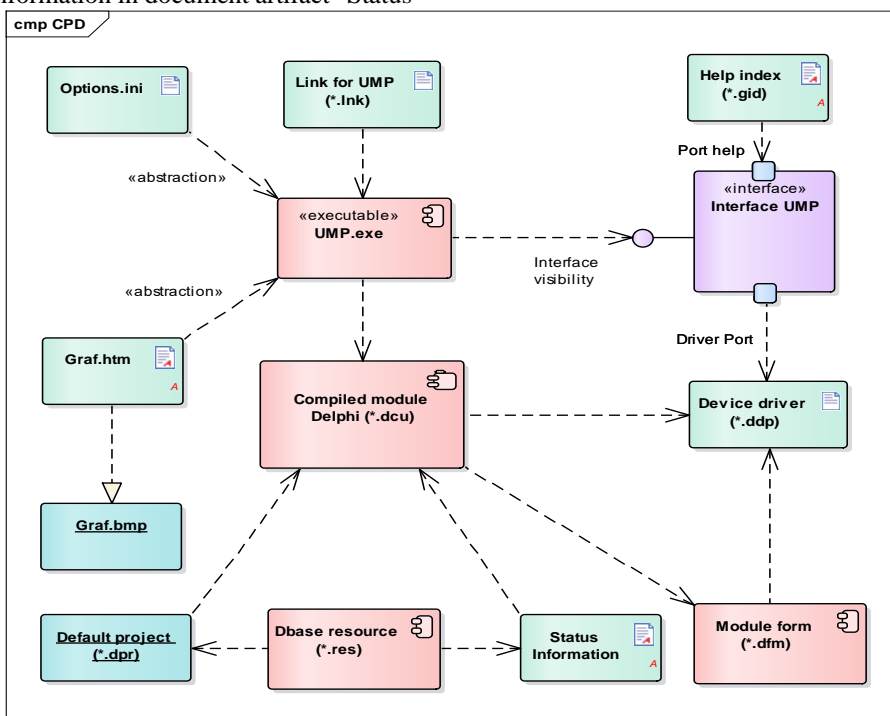


Fig 2. Component Diagram

V. DISCUSSION

When analyzing and discussing the results of the project, system architects expressed a lot of thoughts about the means of implementing the software. These thoughts related to the technology and implementation language, the number of encoders and testers involved, etc., but all of this is part of a new phase in the implementation of the software. At this stage, regardless of the choice of means, languages and software coding technologies, its architecture has already been developed and ready. When you select programming languages, you will only need to process the component diagram.

VI. CONCLUSIONS AND PERSPECTIVES OF THE FURTHER DEVELOPMENT

It should be noted that although in today's paid specialist packages of computer programs of planning and operational management, the type of "Activity-on-arrow network" graphs is used mainly – the software designed is suitable for all types of network graphs with the possibilities of their comprehensive transformation. The result of this article is a project decision suggested by the authors. The content of the design part is determined, firstly, by the specifics of the planning of reengineering of software projects, and secondly, the features of specific technical proposals for a project that is manageable.

In the given article the designed of the software for management of network planning of reengineering of the software project has been designed. The architecture is developed in the form of several diagrams of various nature, executed with the observance of UML 2.5 notation using the CASE toolkit Enterprise Architect 14. The development of the basis includes the methods of network planning for the PERT methodology and the use of the elements of the theory of graphs. The numerical and temporal estimation of the planning parameters is based on the data obtained by the Gantt chart method, as an account for the management of software projects.

The prospects for creating this software consists in the product encoding for a final industry user (software project manager), which is important to know only the sequence of reprogramming work on the software system and the duration of each stage, and it does not matter how the graph is formed, that is, which it type, since the type of network graphics itself can be mutually converted.

For work with the software will be created a program and methodical complex, which will be developed by user instructions on the application of the necessary software, supplemented by comments on the work of the software designed.

REFERENCES

- [1] J. A. Bondy, U. S. R. Murty, Graph Theory. San Francisco : Springer, 2008, 655 p., doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-970-5>.
- [2] D. Jungnickel, Graphs, Networks and Algorithms. 4th ed., Berlin: Springer, 2013, 677 p., doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-32278-5>.
- [3] S. Velykodniy S., Zh. Burlachenko and S. Zaitseva-Velykodna, "Software for automated design of network graphics of software systems reengineering" in Scientific Journal Herald of Advanced Information Technology, vol. 2 (03), 2019, pp. 20–32, doi: <https://doi.org/10.15276/hait.02.2019.2>
- [4] I. Nevlyudov, S. Velykodniy, M. Omarov, "Using CAD / CAM / CAE / CAPP when forming control programs for CNC machines" ["Ispol'zovanie CAD/CAM/CAE/CAPP pri formirovanii upravlyayushchikh programm dlya stankov s ChPU"] in Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 2, iss. 2 (44), 2010, pp. 37–44 (in Russian).
- [5] R. W. Selby, Software Engineering: Barry W. Boehm's Lifetime Contributions to Software Development, Management and Research. John Wiley & Sons, New Jersey, 2017, 818 p.

Application of Convolutional Neural Networks to Road Objects Recognition Under Noise Conditions

Alla Yakovleva

*Institute for Applied System Analysis
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute"*
Kyiv, Ukraine
aliakovleva@ukr.net

Oleksii Zhenchuk

*Institute for Applied System Analysis
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute"*
Kyiv, Ukraine
olexiy.genchuk@gmail.com

Abstract—The theme of this paper is research of possibility of applications of convolutional neural networks (CNN) to the problems of recognition and classification of road objects in situations with digital noise appearance on images combined with research of efficiency and comparison of different digital noise level reduction algorithms in application to the mentioned problems as part of the larger problem of their application to recognition and classification of images with digital noise. As road objects recognition and classification is crucial for many developing technologies and decisions based on the solutions of these problems should usually be made in real time, high noise level may make the operation of decision-making systems much more difficult and erroneous. Models of CNN architectures presented represent the architectures that aim to have optimized structure that leads to their better computational cost. The results of research are evaluated using two datasets of real digital images that contain road objects from different classes. Based on received results, the analysis of used CNN models and noise level reduction algorithms is conducted.

Keywords—*convolutional neural networks, recognition problem, image classification, image noise, noise level reduction, road objects recognition.*

I. INTRODUCTION

In systems, that require decision making based on data analysis and machine learning algorithms usage, the accuracy of predictions made by the respective algorithm is an indicator that defines how efficiently the system itself works. At the same time, if system operates in real-time situations, the speed of decision making should be appropriate for normal work of the system. Considering the presented problem of road objects recognition, computational capacities of computers or machines on which systems facing it operate is often limited or have restriction on amount of resources available for that particular task. So, when selecting the architecture of convolutional neural network (CNN) to apply for this problem, the overall efficiency of structure and parameters usage should be considered. Basing on that, the focus of this research was to apply models that offer reduced number of parameters and layers comparing to the state-of-the-art models in image recognition, exchanged for improvements in model structure and overall smaller size of the model [1]. These models are presented in section II

At the same time, images that are created with digital photographing devices tend to obtain some level of digital

noise, appearance of which differs considering the conditions of photographing. For CNNs, high levels of digital noise may affect their performance considerably, changing the values of selected image points and therefore forcing filters to make incorrect assumptions about patterns in it. To diminish these effects, the paper proposes the mechanism of usage of noise level reduction algorithms in combination with CNNs models, appropriate for application to image recognition in real-time for images with possible high level of noise. The applied noise level reduction algorithms were chosen with consideration of nature of the problem with aim to reduce noise level without affecting the characteristic features of the images, such as edges, corners or color changes, and are presented in section III. The results of application of these technologies and their analysis are shown in the section IV.

II. MODELS OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

The tendency of developing of CNNs with optimized structure and lesser number of parameters and layers has been recently growing, with some new methods, ideas and structures presented. Among them, there are some that were presented with aim for mobile devices and devices with limited capacity. Among the models that can fit into this category, two model architectures were chosen for realization.

A. SqueezeNet model

The CNN architecture, known as SqueezeNet, was first proposed in 2016 by a group of researches in [2] as an alternative for networks with much higher number of levels. The additional advantages of such architecture is overall speed of learning, the ease of parallel learning on multiple machines, and much less size, that leads to better properties of its transportation.

The structure of proposed model builds on group the elements known as Fire Module (FM) that uses combination of 1x1 and 3x3 convolutions. The structure itself starts with input layer, followed with 7x7 convolutional layer, maximal pooling layer and continued with groups of 2, 2 and 4 FMs, first two them followed by one maximal pooling layer each. Then dropout-0.5 layer is placed, followed by 1x1 convolutional and global average pooling layers. The network is concluded with output layer with softmax activation and appropriate number of nodes for the task which is considered.

B. MobileNet model

The second model is based on the MobileNet architecture, presented in 2017 by the group of researchers as the efficient model architecture for mobile applications [1]. The network has reduces computational cost, exchanged for the less number of layers and usage of the idea of depthwise separable convolution, first introduced in [3] for Xception architecture. Although the architecture enables to reduce the network size ever further with introduction of width and resolution multipliers, that possibility is not used in this research, as if they are applied, the drop in the network size leads to the significant accuracy drop, which was considered as non-practical in application to the reviewed problems. Overall there are 30 different layers in this model.

III. DIGITAL NOISE LEVEL REDUCTION

Digital noise represents the random changes in the values of pixels of the image, which are not the part of the original image and corrupt it. The usual condition that lead to its appearance are the errors in the process of image acquisition, sharp changes in the photographing environment and corruptions during the image transfers, which all create the different types of the noise. All of these noise types are

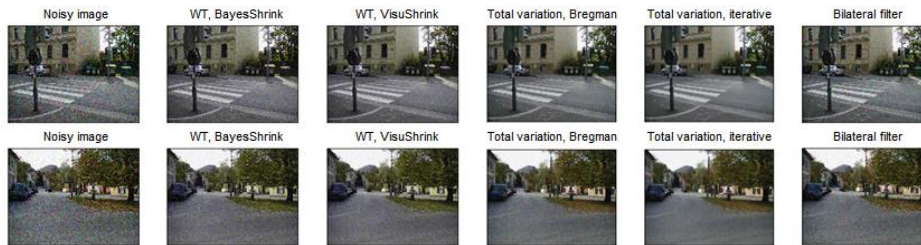


Fig 1. Results of application of presented variants of noise level reduction algorithms to the examples of images from the used datasets

A. Wavelet transform noise level reduction

Algorithm that uses the wavelet transform for noise reduction is based on the same ideas as the algorithm of noise level estimation, with the addition of thresholds, which determine, what coefficients contribute to the clear image and what to the digital noise, according to the property of the detail coefficients, that tent have zero value if the image doesn't have any noise.

Selection of the thresholds is made by the selection method, two of what are applied in the research. According to the VisuShrink method [4], the threshold is defined as $\lambda = \sigma * \sqrt{2 * \ln n}$, where σ is standard deviation of the image and n is the input data dimensionality.

BayesShrink method is based on minimization of Bayesian risk for the image [5], which results in the next threshold formula:

$$\lambda = \sigma^2 / \sqrt{(\max(\sum_{i,j} Y^2_{i,j} / n - \sigma^2, 0))} \quad (1)$$

spatially independent noise, where the methods for spatially dependent noise level reduction differ significantly, are less common and are out of the scope of the current research. Part of these types are modelled as Gaussian noise itself, while the others are approximated by it according to the central limit theorem, and the others are too rare in photographing situations for the respective problem. As a result, all image noise, present on the images in this research, is modelled as additive Gaussian noise with zero mean.

This fact creates an opportunity to estimate the noise level on the image only by estimation of standard deviation of distribution of the noise. Noise level estimate is needed for noise level reduction algorithms, described in the next subsections. The estimation is made according to algorithm, described in [4], with the usage of detail coefficients of the discrete wavelet transform of the image and further estimate of mean absolute deviation of the obtained values. For the transform, the Daubechies wavelet with 4 vanishing moments was used.

The three nonlinear methods of noise level reduction methods were used and two among them were applied with two variants of their algorithm. The results of their application on the examples from the used datasets are shown on Fig. 1.

Where Y is the input data. After the algorithm with threshold usage is performed, the inverse wavelet transform is applied.

B. Total variation noise level reduction

This algorithm is based on the idea that reduction of the total variation leads to reduction of the noise level. This method is applied using two different iterative algorithms of restored image computation: algorithm using the split Bregman method and iterative algorithm proposed by A. Chambolle in [6]. The split Bregman algorithm is based on the idea of search of the restored image by minimization of the estimate of the image gradient [7], while the other algorithm conducts the computation of projection of noisy image on the closed convex set λK that equals the value of $\sqrt{(N)}\sigma$, from where the restored image is estimated.

C. Bilateral filter noise level reduction

The idea of noise level reduction with the bilateral filter uses not only spatial closeness, but also characteristic closeness of image pixels to approximate the denoised value for each pixel. Therefore it is represented by the weighted average of image pixel values on all channels [8][9]. This

method allows only alike points to be compared, therefore preserving sharp features of denoised image. As the digital image noise is modelled as Gaussian noise, Gaussian functions are used for estimating the spatial and characteristic closeness of pixels:

$$f_{\sigma}(p,q) = \exp(-1/2 * (\|d(p) - d(q)\|/\sigma)^2) \quad (2)$$

Where $d(p)$ represents coordinates for spatial closeness and pixel values for characteristic closeness.

IV. DATA AND RECEIVED RESULTS

The presented CNN models and noise level reduction algorithms were united in a program, which was developed with Python 3.6 programming language and solves the problem of recognition and classification on given images. Application of models and methods was evaluated with two real-world road objects datasets, each of them representing different object classes.

The first dataset used was Traffic Signs Dataset, presented in [10], and contains images of most popular of the common traffic signs, collected on the road of Sweden. Only part of the dataset is labeled, and therefore applicable for supervised learning. Resulting preprocessed dataset contained images of 7 classes of street signs.

The second dataset was Graz-02 dataset [11], which consists of images of bikes, cars, people and class of other images that have neither of them. The characteristic feature of the dataset is that images in it have great variant in angles and variants of respective objects view.

Noise on the images for the noisy datasets, that are also later used for noise level reduction algorithms, is generated using the standard methods of Gaussian noise generation in the *skimage* library of Python language, as a common practice for research in the field of digital image noise [12][13]. Both datasets were prepared for training with splitting into sets using stratified sampling.

The choice of the optimal model and noise level reduction algorithm was made of the criterion of the higher resulting accuracy. This approach to evaluate the performance of noise level reduction algorithm differs from the usual metrics, which show the closeness between restored and noisy images, and has an idea to demonstrate its influence on CNN models application results.

For the Traffic Sigs Dataset, the models were trained using Adam algorithm. The results achieved after training on clear images, on noisy images and after noise reduction algorithms application are presented in Table I.

TABLE 1. RESULTS OF EVALUATION OF MODELS AND ALGORITHMS ON TRAFFIC SIGNS DATASET

Model	Original	Noisy	WB	WV	TVB	TVI	BF
SqueezeNet	0,826 9	0,549 0	0,542 1	0,544 4	0,672 0	0,760 8	0,713 0
MobileNet	0,735 0	0,603 6	0,601 4	0,608 2	0,649 2	0,697 0	0,672 0

Where WB stands for Wavelet transform noise level reduction with BayesShrink method, WV for Wavelet transform with VisuShrink, TVB for Total variation algorithm with Bregman method, TVI for iterative Total variation algorithm and BF for Bilateral filter.

Similarly, for Graz-02 dataset, the Adam algorithm was used for training and achieved results are presented in Table II.

TABLE 2. RESULTS OF EVALUATION OF MODELS AND ALGORITHMS ON GRAZ-02 DATASET

Model	Original	Noisy	WB	WV	TVB	TVI	BF
SqueezeNet	0,972 8	0,934 8	0,951 1	0,953 8	0,959 2	0,964 7	0,945 7
MobileNet	0,875 0	0,817 9	0,866 8	0,866 8	0,875 0	0,869 7	0,869 7

VI. CONCLUSIONS

According to the received results of model training and noise level reduction algorithms application, the SqueezeNet model has performed on selected datasets generally better than MobileNet model, with the exception of noisy data and some of the noise reduction algorithms for Traffic Signs Dataset, where accuracy for the SqueezeNet dropped significantly with introduction of noise. However, some of denoising methods allowed increasing it almost to the initial level for both models.

Wavelet transform algorithm performed poorly on Traffic Signs dataset, not increasing the performance, and was worse than the other algorithms for Graz-02, so this method definitely can't be considered as optimal for this type of problem. Bilateral filter noise level reduction achieved good results for all situations, becoming the second best on three occasions, although it came last for SqueezeNet model for Graz-02, still showing results improvement. These results allow to name it useful for a problem, but not optimal.

From the two variants of total variation noise level reduction, both of them improved the accuracy significantly, but variant with Bregman method performed slightly worse, overcoming iterative method only once by 0,0053. Iterative method became the best for the other three situations, with the difference from second best reaching 4,78 % on one occasion. The biggest improvement of results comparing to the noisy images was 21,18 % for SqueezeNet model and Traffic Signs Dataset. Based on these results, iterative total variation algorithm can be considered optimal for this problem.

The significant influence of digital noise on the models performance also should be stated, as the fall of accuracy for one of the situations reached more than 25 %, with the low value of 3,80 %, which occurred for the situation with original accuracy of 0,9728, therefore increasing the number of wrong predictions by 2,4 times.

REFERENCES

- [1] A. G. Howard, M. Zhu, B. Chen, D. Kalenichenko, W. Wang, T. Weyand, M. Andreetto, H. Adam, "MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications," arXiv preprint arXiv: 1704.04861, 2017.

- [2] F. N. Iandola, S. Han, M. W. Moskewicz, K. Ashraf, W. J. Dally, K. Keutzer, "SqueezeNet: AlexNet-level accuracy with 50x fewer parameters and <0.5MB model size," arXiv preprint arXiv: 1602.07360, 2016.
- [3] F. Chollet, "Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions," arXiv preprint arXiv: 1610.02357, 2017.
- [4] D. L. Donoho, I. M. Johnstone, "Ideal Spatial Adaptation by Wavelet Shrinkage," *Biometrika*, vol. 81.3, 1994, pp. 425–455.
- [5] C. G. Chang, B. Yu, M. Vetterli, "Adaptive Wavelet Thresholding for Image Denoising and Compression," *IEEE Transactions on image processing*, vol. 9, no. 9, 2000, pp. 1532–1536.
- [6] A. Chambolle, "An algorithm for total variation minimization and applications," *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, Springer, 2004, pp. 89–90.
- [7] T. Goldstein, S. Osher, "The Split Bregman Method For L1 Regularized Problems," *SIAM Journal on Imaging Sciences*, vol. 2(2), 2009, pp. 323–343.
- [8] C. Tomasi, R. Manduchi, "Bilateral Filtering for Gray and Color Images," *Sixth International Conference on Computer Vision (IEEE Cat. No.98CH36271)*, Bombay, 2002.
- [9] S. Paris, P. Kornprobst, J. Tumblin, F. Durand, "Bilateral Filtering: Theory and Applications," Now Publishers, 2009.
- [10] F. Larsson, M. Felsberg, "Using Fourier Descriptors and Spatial Models for Traffic Sign Recognition," In *Proceedings of the 17th Scandinavian Conference on Image Analysis, SCIA 2011, LNCS 6688*, pp. 238–249.
- [11] A. Opelt, M. Fussenegger, A. Pinz, P. Auer, "Generic Object Recognition with Boosting," *Graz University of Technology*, 2004.
- [12] L. Gelman, "Advances in Electrical Engineering and Computational Science," Springer Science & Business Media, 2009.
- [13] J. V. Manjon, P. Coupe, "MRI Denoising Using Deep Learning," *Patch-Based Techniques in Medical Imaging: 4th International Workshop, Patch-MI 2018, Held in Conjunction with MICCAI 2018, Granada, Spain, September 20, 2018, Proceedings*, Springer, 2018, pp. 12–19.

Методика Комплексного Статистичного Аналізу Даних Медичних Спостережень та Її Програмна Реалізація

Сергій Єгоров

*кафедра анестезіології, інтенсивної терапії та МНС
ІДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ*

України»

Дніпропетровськ, Україна
yegorov.dp.ua@gmail.com

Лариса Коряшкіна

*кафедра системного аналізу і управління
НТУ «Дніпровська політехніка»*

Дніпропетровськ, Україна
koriashkinal@gmail.com

Procedure of Medical Observations Data Complex Statistical Analysis and It's Program Realization

Sergiy Yegorov

*dept. of anaesthesiology, intensive therapy and EM
SI «Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of
Health of Ukraine»*

Dnipro, Ukraine
yegorov.dp.ua@gmail.com

Larysa Koriashkina

*dept. of System Analysis and Control
Dnipro University of Technology*

Dnipro, Ukraine
koriashkinal@gmail.com

Анотація—Запропонований алгоритм комплексного статистичного аналізу даних спостережень за станом хворих дітей двох вікових груп, за допомогою якого можна виявити і порівняти терапевтичний ефект від застосування під час лікування препаратів, утворених на основі різних розчинів з глюкозою, сольового, комбінованого. Представлена програмна реалізація алгоритму і результати розрахунків

Abstract—It is proposed an algorithm for complex statistical analysis of such medical data as observations on the condition of sick children of two age groups. The algorithm allows to detect and compare the therapeutic effect from the use of drugs formed on the basis of various solutions – with glucose, salt, combined during treatment. The algorithm program implementation and calculations results are presented

Ключові слова—перевірка гіпотез; описова статистика; розчин; аналіз крові; прикладне програмне забезпечення

Keywords—verification of hypotheses; descriptive statistics; solution; therapeutic effect; blood test; application software

I. ВСТУП

Медичні процеси зазвичай характеризуються, з одного боку, своєю складністю, індивідуальністю перебігу захворювань, великою кількістю слабо формалізованих факторів і симптомів, які підлягають аналізу, з іншого боку, наявністю досить жорстких математичних вимог до обсягу і узгодженості даних комп'ютерного аналізу. Сьогодні, залучаючи сучасні інформаційні технології, є можливість проводити аналіз даних різного роду походження, застосовувати різні методики аналізу і статистики, виявляти приховані зв'язки у великих обсягах накопиченої інформації. Короткий опис сучасного рівня розвитку медичної інформатики в Україні й у світі наведений в [1]. Метою даної роботи є розробка і програмна реалізація методики комплексного статистичного аналізу даних медичних спостережень за хворими дітьми, за допомогою якої можна було б виявляти терапевтичний ефект від застосування різних типів розчинів та порівняти дію цих препаратів.

II. ВИХІДНІ ДАНІ

Вихідною інформацією слугували дані про результати клінічного спостереження 137 дітей віком від 6 до 17

років, що знаходилися на лікуванні у відділенні інтенсивної терапії Дніпропетровської обласної дитячої клінічної лікарні з приводу гострої хірургічної патології. Всі пацієнти розділені на дві групи за віком: 1 – від 6 до 12 років, 2 – від 13 до 17 років, і на три категорії за типом інфузійного розчину, який використовувався під час лікування: А – розчин на основі глюкози з додаванням електролітів, В – кристалоїдний розчин Рінгера лактат, С – збалансований кристалоїдний розчин Рінгера малат. Для зручності групи дітей далі позначені відповідно 1А, 1В, 1С, 2А, 2В, 2С. Кількість спостережень в них – 21, 16, 19, 32, 24, 25. Широкий спектр розчинів, що застосовуються в педіатричній практиці, представлений в роботах [2,3].

Біохімічний склад сечі і крові представлений наступними даними: еритроцити крові, гемоглобін, лейкоцити, швидкість діурезу, площа тіла, добового діурезу, густина сечі, ацетон в сечі, вміст калію, натрію, хлору, лактату в крові, ниркові ферменти, серцеві ферменти, сечовина в крові, азот сечовини, швидкість фільтрації креатину в нирках, креатин крові, глюкоза крові, кислотність крові, загальне число кислотних та лужних буферів в крові, рівень бікарбонату крові, аніонний проміжок, осмолярність крові, вміст калію, натрію, хлору креатину в сечі, виведення натрію нирками. Інструментальними методами досліджень встановлені: ударний об'єм серця, хвилинний об'єм крові, серцевий індекс, об'єми рідини (% від маси тіла), об'єм зовнішньокліткової рідини (% від маси тіла), об'єм внутрішньокліткової рідини (% від маси тіла), об'єм циркулюючої крові (% від маси тіла), загальний периферичний опір судів. Для кожного пацієнта значення вказаних параметрів зафіксовані за результатами спостережень протягом п'яти послідовних днів. Вторинними даними є зміна за часом всіх показників.

III. МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ДАНИХ

A. Методики комплексного статистичного аналізу даних медичних спостережень

Оскільки основною метою обробки зібраної інформації є порівняння результатів лікування дітей за трьома типами терапії, дослідження різниці дії кожної з них, що виявляється в суттєвій (істотній) зміні певних показників аналізу крові, сечі, інших фізіологічних параметрів, аналіз кожного із спостережуваних показників запропоновано здійснювати за наступною схемою:

1) Для кожного з п'яти спостережень в кожній групі пацієнтів розраховуються такі параметри описової статистики: максимальне і мінімальне значення, вибіркоче середнє, вибіркоче дисперсія, середньоквадратичне відхилення; довірчий інтервал та середня похибка вибірки.

2) Виявляється момент, коли певний розчин починає суттєво впливати на біохімічний або фізіологічний показник, оцінюючи значущість різниці вибіркових середніх двох спостережень (першого і кожного

наступного) за допомогою t-критерія Стьюдента (якщо гіпотеза про рівність дисперсій не відкидається) або W-критерія Вілкоксона, якщо t-критерій Стьюдента неможливо використати.

3) Розраховується швидкість зміни показника, вибіркоче середнє швидкості зміни показника, її дисперсія та середньоквадратичне відхилення. Здійснюється порівняльний аналіз швидкості зміни показника за рахунок дії різних розчинів, використовуючи t-критерія Стьюдента (для незалежних вибірок) або U-критерія Манна-Уїтні.

4) Здійснюється порівняння дії однієї терапії в різних вікових групах пацієнтів шляхом оцінки значущості різниці середньої швидкості зміни показника у відповідних групах за допомогою t-критерія Стьюдента (для незалежних вибірок) або U-критерія Манна-Уїтні.

B. Міркування про вибір програмного забезпечення

Є чимала кількість спеціалізованих статистичних програм. Одні зовні схожі на електронні таблиці, проте забезпечені значним арсеналом доступних статистичних прийомів. Крім того, у них традиційно потужна графічна частина (більше графіків і гнучке управління ними), наявна підсистема підготовки звітів. Представником цієї групи є, наприклад, система STATISTICA [4]. Та слід зауважити, що популярним цей пакет є, в основному, в нашій та найближчих сусідніх країнах. Як і в усіх візуальних системах, одного разу проведене дослідження в ньому доводиться заново відтворювати, як тільки з'являються нові дані. Якщо треба скомбінувати роботу декількох модулів, то доводиться писати складні макроси. Алгоритми обчислень в STATISTICA закриті, тому важко простежити, що саме робить програма. Іншими програмами є система STADIA і PAST. Лише остання серед вищезазначених розповсюджується безкоштовно, та графічна частина PAST достатня лише для базового дослідження. За кордоном широко використовуються кошовні системи SPSS та MiniTab, в нашій же країні вони не дуже поширені.

Популярним сьогодні у світі є середовище для статистичних розрахунків – пакет R, який застосовується скрізь, де потрібна робота з даними. Це не тільки статистика у вузькому сенсі слова, а й «первинний» аналіз (графіки, таблиці спряженості) і просунуте математичне моделювання. Перевагами його є неймовірна гнучкість і вільний код. Серед вагомих недоліків виділяють труднощі навчання програмі – велика кількість команд, яку потрібно вводити вручну, а звичної системи меню немає. Тому часом дуже важко знайти саме ті команди, за допомогою яких можна зробити певний аналіз.

Для отримання результатів розрахунків різних статистик у форматі, зручному для подальшого аналізу, представлений алгоритм комплексного статистичного аналізу даних був реалізований на об'єктно-орієнтованій мові програмування Java, популярність якої пов'язана, насамперед, з її унікальною портативністю – програми Java працюють на будь-якому пристрої в будь-якій операційній системі. При цьому дані з формату таблиці

Excel були переведені до формату JSON за допомогою бібліотеки Gson.

Результати розрахунків і висновки, які можна зробити, аналізуючи отриману інформацію, наведемо у такій послідовності: описова статистика і показники, які на всіх спостереженнях майже не змінюються і знаходяться у нормі; дослідження суттєвості зміни показнику в кожній групі; порівняльний аналіз дії препаратів в кожній групі хворих; виявлення різниці впливу кожного розчину на пацієнтів різних вікових груп.

Для всіх 42 клінічних показників і параметрів аналізу крові та сечі за кожним рядом спостережень розраховується описова статистика. Так, на рис. 1 наведені результати обчислень для спостережень за показником «Частота дихання» протягом чотирьох днів в кожній з шести груп пацієнтів.

Частота дихання(ЧДд)				
1A	ДІ	24,48±1,48	23,67±0,86	22,71±1,00
	СКВ	24,81±4,78	23,67±2,06	22,71±2,39
	F	1,820>2,084	5,400>2,084	4,001>2,084
1B	ДІ	23,75±1,52	22,56±1,02	20,69±1,13
	СКВ	23,75±3,19	22,56±2,16	20,69±2,39
	F	1,918>2,333	2,188>2,333	1,791>2,333
1C	ДІ	22,32±0,84	21,84±1,14	21,68±0,89
	СКВ	22,32±1,92	21,84±2,61	21,68±2,03
	F	1,756>2,168	1,854>2,168	1,121>2,168
2A	ДІ	22,16±1,55	20,78±0,90	19,75±1,21
	СКВ	22,16±4,54	20,78±2,65	19,75±3,55
	F	4,200>1,804	2,935>1,804	1,636>1,804
2B	ДІ	20,17±0,49	18,04±0,54	17,75±0,58
	СКВ	20,17±1,24	18,04±1,37	17,75±1,48
	F	1,127>1,984	1,216>1,984	1,429>1,984
2C	ДІ	20,16±0,55	18,12±0,59	17,72±0,60
	СКВ	20,16±1,43	18,12±1,54	17,72±1,57
	F	1,116>1,955	1,147>1,955	1,196>1,955
TorW		! -4,710>2,06!	! -4,457>2,06!	! -5,612>2,06!

Рис. 1. Результати описової статистики для показника Частота дихання.

Для кожної групи спостережуваних в першому рядку дані представлені у вигляді 95% довірчого інтервалу, тобто для кожного дня спостереження (відповідний стовпчик) зазначено $\bar{x} \pm t(\gamma, n-1) \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, де \bar{x} – вибіркове середнє значення показника, $t(\gamma, n-1)$ – табличний γ – рівень надійності зі степенями вільності $n-1$, σ – вибіркове середньоквадратичне відхилення, n – об'єм вибірки. В нашому випадку $\gamma = \alpha/2$, а рівень значущості $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$. У другому рядку дані наведені у форматі $\bar{x} \pm \sigma$, який призначений для опису вибірок з нормальним розподілом. Перевірку типу розподілу було здійснено за критерієм узгодження Шапіро-Уїлка [5].

З метою виявлення моменту суттєвого впливу розчину на показник аналізу крові або сечі ставиться і перевіряється гіпотеза про рівність середніх значень показника в перший день і кожного наступного дня. Спочатку за допомогою критерію Фішера перевіряється гіпотеза $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ про рівність дисперсій у двох вибірках за умови конкуруючої гіпотези $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$.

Розраховується статистика $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$, де s_1^2 і s_2^2 – вибіркові оцінки дисперсій двох вибірок, що порівнюються, причому $s_1^2 > s_2^2$. Якщо

$$F > F_{кр}(\alpha/2; n-1; m-1), \quad (1)$$

де α – рівень значущості, n, m – об'єми вибірок з більшою та меншою дисперсіями відповідно (в даному, нульову гіпотезу відкидають на користь конкуруючої гіпотези, інакше – немає підстав її відкинути H_0). В таблиці на рис. 1 в третьому рядку зазначена саме нерівність (1). Де вона порушується, там будемо вважати, що виконується умова про рівність двох дисперсій у початковій і поточній вибірках.

Значущість різниці вибіркових середніх двох спостережень (першого і поточного) була оцінена за допомогою двостороннього t-критерія Стьюдента для зв'язних вибірок (якщо гіпотеза про рівність дисперсій не відкидається) або W-критерія Вількоксона, якщо t-критерій Стьюдента неможливо використати. При цьому розраховуються і порівнюються з критичними при рівні значущості $\alpha = 0.05$ відповідні статистики (див. четвертий рядок в таблиці на рис. 1). Там, де гіпотеза $H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$, де \bar{x}_1 і \bar{x}_2 – середні значення показника в першій і поточній дні, порушується, в таблиці проставлена позначка «!» ліворуч і праворуч наведеної нерівності.

Аналіз суттєвості зміни показників був здійснений і шляхом побудови довірчих інтервалів для різниці значень показника на першому і поточному вимірах. Отримані результати досліджень за всіма 42 показниками дають змогу виявити показники, на які: а) не впливає жодна терапія, б) всі три розчини впливають суттєво вже з перших днів лікування, в) розчини впливають по-різному. Так, терапія, яка проводиться на основі розчину Рінгера лактат або комбінованого розчину Рінгера малат, знижує рівень еритроцитів і гемоглобіну, а перший розчин ці показники в середньому підтримує на початковому рівні або навіть трохи підвищують. Всі три розчини знижують рівень ацетону в сечі, хоча в групах 2B і 2C на 3-й і 4-й дні спостерігається невелике його зростання. Як і очікувалося, рівень глюкози в крові підвищується в перші дні лікування з використанням відповідного розчину, терапія з вмістом сольового розчину майже не змінює в середньому цей параметр. Всі три розчини після третього дня лікування значно знижують ударний об'єм серця, хвилинний об'єм крові, серцевий індекс. Протягом перших двох днів всі терапії приводять до норми загальний периферичний опір судин і далі підтримують його на нормальному рівні.

Порівняння дії препаратів на той чи інший показник в кожній групі хворих здійснюється на основі розрахованої швидкості зміни показника та її описової статистики. При цьому використовується або t-критерій Стьюдента (для незалежних вибірок) або U-критерій Манна-Уїтні, якщо t-критерій Стьюдента неможна застосувати через не

підтвердження нормального розподілу хоча б однієї з малих вибірок, або через відкидання гіпотези про рівність дисперсій двох нормально розподілених вибірок. У табл. 1 наведені інформація про порівняння дії кожної пари досліджуваних розчинів у групах хворих однієї вікової групи: «+» означає суттєву різницю, «-» – різниця не суттєва, тобто розчини або не впливають взагалі, або діють майже однаково. Аналіз повної таблиці дозволяє зробити такі висновки:

- вплив всіх розчинів майже однаковий на такі показники, як частота дихання, щільність сечі та її ацетон, загальну кількість кислотних та лужних буферів в крові, рівень бікарбонату крові, ударний об'єм серця, обсяг позаклітинної рідини від маси тіла, загальний периферичний опір судин (що підтверджує деякі висновки попереднього пункту);
- дія препаратів, що містять кристалоїдний розчин (В і С), в першій віковій групі дітей майже та сама, суттєва різниця лише в швидкості зміни двох параметрів – кислотності крові та виведення натрію нирками;
- найменше між собою за своєю дією відрізняються препарати, утворені на основі розчину Рінгера лактату та комбінованого розчину Рінгера малату;
- на дітей старшої групи вплив препаратів більш різноманітний.

Таблиця 1. Порівняння дії розчинів в групах одного віку

Показник	Групи					
	1А та 1В	1А та 1С	1В та 1С	2А та 2В	2А та 2С	2В та 2С
Частота дихання	-	-	-	-	-	-
Частота серцевих скорочень	+	+	-	+	+	-
Еритроцити	+	+	-	+	+	+
Гемоглобін	+	+	-	+	+	+
Лейкоцити	+	+	-	+	+	+
Швидкість виділення сечі введена рідини до сечі	-	-	-	+	+	-
Щільність сечі	-	-	-	-	-	-
Ацетон у сечі	-	-	-	-	-	-
Калій крові	-	-	-	+	+	-
Натрій крові	+	+	-	+	-	-
Лактат крові	-	-	-	+	+	+
Глюкоза крові	-	-	-	+	+	+
Кислотність крові	-	+	+	-	+	+
...			

Аналіз різниці одного і того ж інфузійного розчину на різні вікові групи пацієнтів здійснюється також з використанням t-критерію Стюдента (із заздалегідь підтриманою гіпотезою про рівність дисперсії), і U-критерію Манна-Уїтні (коли гіпотеза про рівність дисперсій відкидається). У табл. 2 наведені співвідношення дії розчинів у різних групах: «+» – різниця суттєва, «-» – різниця не суттєва.

Кількість показників, на які в різних вікових групах дітей препарати на основі розчинів А, В, С діють по-

різному, дорівнює 8, 8, 9 відповідно. Результати по таким показникам, як ударний об'єм серця, хвилинний об'єм крові, серцевий індекс, ацетон у сечі та інші, підтверджують висновки, отримані раніше.

Таблиця 2. Суттєвість різниці дії розчинів на фізіологічні і біохімічні показники пацієнтів різних вікових груп

Показник	Розчин		
	А	В	С
Частота дихання	-	-	-
Частота серцевих скорочень	+	+	+
Еритроцити	-	-	-
Гемоглобін	-	-	+
Лейкоцити	-	-	+
Швидкість виділення сечі введена рідини до сечі	-	-	-
Щільність сечі	-	-	-
Ацетон у сечі	+	+	+
Калій крові	-	-	-
Натрій крові	-	-	-
Лактат крові	+	+	-
Глюкоза крові	-	-	+
Кислотність крові	+	+	-
...

IV. Висновки

Отже, в роботі представлена методика комплексного аналізу даних медичних спостережень за дітьми двох вікових груп, за допомогою якої виявлена різниця дії різних типів розчинів – на основі глюкози, кристалоїдного та комбінованого кристалоїдного. Розроблене прикладне програмне забезпечення дозволяє швидко в автоматичному режимі здійснювати порівняльний аналіз різних видів терапії, що застосовуються для лікування однієї хвороби, на основі даних аналізу крові та сечі, загального фізіологічного стану пацієнтів, зібраних протягом декількох послідовних днів. Такий статистичний аналіз медичних даних дозволяє виявити взаємозв'язок між показниками біохімічного складу крові та сечі і терапевтичним лікуванням і, на основі отриманої інформації, зробити висновок про подальшу терапію. У подальшому передбачається застосування при аналізі результатів медичних спостережень методів Data Mining, які поряд із статистичними методами дозволяють організувати процес виявлення в даних раніше невідомих, нетривіальних, практично корисних закономірностей, необхідних для прийняття тих чи інших рішень.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Качмар В.О. Медичні інформаційні системи – стан розвитку в Україні / В.О. Качмар // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2010. – Т. 8. – № 1. – С. 12 - 17.
- [2] Снисарь В.И. Кристаллоидные растворы у детей /В.И. Снисарь, С.В. Егоров // Біль, знеболювання і інтенсивна терапія. – 2016. – № 2. – С.64 - 76.
- [3] Єхалов В.В. Гіпонатріємія в дітей з хірургічною патологією / В.В.Єхалов, С.В. Єгоров, О.О. Багуніна // Клінічна медицина. – 2018. – Том XXIII. – Т.4. – № 1. – С. 58 - 61.
- [4] О. Ю. Реброва, Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. Москва, МедиаСфера, 2000.
- [5] А. И. Кобзарь, Прикладная математическая статистика. Москва, Физматлит, 2006.

Method for 3D imaging of objects with random motion components in InISAR

Hennadii Bratchenko

dept. of standartization, sertification
and educational assessment
Odesa state academy of technical
regulation and quality
Odesa, Ukraine
bratchenkohd@gmail.com

Marin Milković

rector
University North
Varazdin, Croatia
mmilkovic@unin.hr

Hennadii Smahliuk

dept. of electronics and microsystems
technology
Odesa state academy of technical
regulation and quality
Odesa, Ukraine
madcat-a@yandex.ua

Iryna Seniva

dept. of standartization, sertification
and educational assesment
Odesa state academy of technical
regulation and quality
Odesa, Ukraine
bratchenkohd@gmail.com

Abstract—Method for three-dimensional (3D) imaging of objects with random motion components in interferometric inverse synthetic aperture radar (InISAR) is proposed in this paper. This method includes some known steps for 2D imaging of targets with regular and random components of spatial motion in ISAR. Introduction of two additional antennas for 3D InISAR imaging in proposed method is used to separate two orthogonal random phase components. These components can be used for prediction of phase dependencies for all spatial elements of target and 3D imaging of whole object not only its some of strong bright points.

Keywords— *interferometric inverse synthetic aperture radar, 3D imaging, target, random components of spatial motion, bright point, phase dependence, prediction*

INTRODUCTION

An informative feature for radar recognition of a moving target can be its three-dimensional (3D) radar image (RI). To restore such images, interferometric inverse synthetic aperture radars (InISAR) are used [1], [2], [3]. Unlike traditional single-channel ISAR, are introduced additional receiving channels used to restore complex 2D RI. The spatial separation of additional antennas allows performing interferometric measurements of the coordinates of some bright points on the target [1], [2], [3], [4]. Random components of the target rotational motion lead to the defocusing of 2D ISAR images if we use only adaptation to the random component of the radial motion of the target. This situation takes place with a sufficiently long time of the target observation at long ranges, when the influence of the random components of yaw, roll and pitch of the target cannot be neglected. For relatively short observation intervals is possible ISAR imaging of partial 2D images with a decreased cross-range resolution. In [5], a 2D image restoration method based on measuring the laws of phase variation for several bright points on a target was proposed. This method can also be applied in several receiving channels of an InISAR. This makes it possible to restore the 3D RI of the target for several bright points (BPs) with the biggest radar cross-sections. The use of the interferometric method directly

for partial images doesn't provide sufficient accuracy of measuring the BP (or scatterer) coordinates. In [6], the possibility of estimating the vector and the plane of the target rotation for calculating the scale and orientation of the projection of the 2D ISAR image with respect to the line-of-sight (LoS) is considered. However, in the case of a random change in the modulus and orientation of the rotation vector, it is necessary to make an estimate at each discrete moment of observation. For the development of the ISAR restoration method [5], it is possible, according to the measuring phase laws and coordinates of BPs, the separation of the random phase laws into two orthogonal components. One of them corresponds to the rotation of the target in the horizontal plane, and the other - in the vertical plane. These components can be used to predict the phase law of an arbitrary point on the object, which will allow restoring the 3D coordinates of a larger number of BPs on the target.

The goal of the paper is to develop an improved method for restoring a 3D radar image of a target with a random component of spatial motion based on the separation of motion components in horizontal and vertical planes.

MATHEMATICAL MODEL

Consider a mathematical model of the phase law of the echo signal from BP1 with coordinates $(x_1 \ y_1 \ z_1)^T$, which are counted in the right-hand Cartesian coordinate system with the origin at the reference point O . The reference point can be selected on the target, for example, using the dominant scatterer algorithm (DSA) [7]. The Ox axis coincides with the line of sight, the Oz axis lies in the horizontal plane and the Oy axis lies in the vertical plane. The phase law of the echo signal of BP 1 $\varphi_1(t)$ for the receiving-transmitting antenna in time takes the form

$$\varphi_1(t) = x_1 \frac{4\pi}{\lambda} + y_1 \varphi_y(t) + z_1 \varphi_z(t), \quad (1)$$

where λ is the radar wavelength;

$\varphi_y(t)$ and $\varphi_z(t)$ are the phase laws of the components for point with coordinates $y = 1$ m and $z = 1$ m due to the rotation of the target with an angular velocity directed along the axis Oz and Oy , respectively, divided by 1 m.

The first term in (1) is the constant component of the phase. Its value depends on the x_1 coordinate, which is usually measured using a broadband signal by numbered sample along the LoS. The ambiguity of the phase measurement allows us to consider this component as a random variable. This component of the phase, however, does not influence on the ISAR imaging process.

Suppose that as a result of applying the method described in [5], the phases laws of the form (1) for several BPs are obtained. For two arbitrarily selected BPs, whose coordinates are measured by the interferometric method, a system of linear equations can be constructed

$$\begin{cases} \varphi_1(t_i) = y_1\varphi_y(t_i) + z_1\varphi_z(t_i); \\ \varphi_2(t_i) = y_2\varphi_y(t_i) + z_2\varphi_z(t_i), \end{cases} \quad (2)$$

where t_i is the i -th moment of time at the interval of target observation, $i=1, 2, \dots, N$, since the image is restored in the range resolution element by N discrete complex samples of the echo signal;

$\varphi_1(t_i)$ and $\varphi_2(t_i)$ are phase laws for BP 1 and BP 2, respectively;

y_1, z_1 and y_2, z_2 are the coordinates of BP 1 and BP 2, respectively, obtained by the interferometric method;

$\varphi_y(t_i)$ and $\varphi_z(t_i)$ in the system of equations (2) for the i -th moment of observation, the targets are unknown. They can be found as a result of solving the system of equations (2). For example, using the Cramer's Rule, we obtain

$$\varphi_y(t_i) = \frac{1}{D} \begin{vmatrix} \varphi_1(t_i) & z_1 \\ \varphi_2(t_i) & z_2 \end{vmatrix} \text{ и } \varphi_z(t_i) = \frac{1}{D} \begin{vmatrix} y_1 & \varphi_1(t_i) \\ y_2 & \varphi_2(t_i) \end{vmatrix}, \quad (3)$$

where $D = \begin{vmatrix} y_1 & z_1 \\ y_2 & z_2 \end{vmatrix}$ is the determinant of the system matrix. The solution of the system of equations (3) allows us to find the values of the functions $\varphi_y(t)$ and $\varphi_z(t)$ at discrete moments of observation, which follow with a pulse repetition interval. The dependences obtained are further proposed to be used to predict the phase law of an arbitrary BP in a given volume of space. This will allow using the results of measurements in InISAR for 3D ISAR imaging. The resolution depends on the nature of the target movement. In the case of a regular movement of the target in the horizontal plane, the additional random component of the movement in the vertical plane is used to resolve the BPs in height. To confirm the fundamental possibility of separating the phase laws in the vertical and horizontal planes, the simulation was carried out.

THE SIMULATION

The simulation was carried out using a point model of a target consisting of five isotropic BPs as in [4]. The target's model had a cube shape with a 16 m edge. On the surface of the cube there were two point scatterers on the front face, two on the back and one in the geometric centre. The initial range of the object to radar was 110 km, the height 8 km, the

observation angle was 90° , the target flight speed was 750 km/h, and the observation time was $T_{obs}=8$ s. For simulation of random spatial components of target moving in the yaw, roll and pitch rotation matrices were added harmonic dependences $\gamma(t) = A_\gamma \sin(\omega t + \psi_\gamma)$ where $A_\gamma = 0,1^\circ$, $\omega = 2\pi/T_{obs}$ and $\psi_\gamma = \pi/3$ for the roll, $\psi_\gamma = 1$ for the yaw and $\psi_\gamma = 0.5$ for the pitch angles. During the observation, 1024 complex high range resolution profiles (HRRPs) were taken. The second antenna height as earlier was chosen 1.75 m. The third antenna was put on 3 m from the first one in horizontal plane. As a result, an antenna system included three antennas in L-shaped configuration. Three 2D ISAR images were obtained. Radar parameters were the wavelength is 3 cm, chirp probing pulse with rectangular envelop (pulsewidth was 13.65 μ s, frequency deviation was 150 MHz); the signal-to-noise ratio was set to 100 dB; the signal processing included a matched filtration. An addition were used the Hamming filters for obtaining as range as cross-range profiles. The RI of the three antennas were restored with a fast Fourier transform to store the phase information of each BP. The dominant scatterer algorithm (DSA) of Steinberg [7] is used to eliminate the influence of random initial phases of HRRPs and focus RI in all channels. After that procedure, LoS is directed to this reference point.

As a result of simulation by the method described in [5], three complex 2D images of the object consisting of 5 BPs were restored. The BT in the center of the object was selected as the reference. The recovered phase dependences (taking into account the ambiguity of their measurement) by a sequence of 896 partial 2D images for four BPs are used to select 512 HRRPs with a phase law close to linear. For such sequences, the peaks are better focused on 2D RI, but their cross-range coordinates can have significant errors. The use of interferometric measurements allows you to correct the cross-range errors and measure the height of a BP relative to the line of sight. The measurement results are presented in table 1. Examples of the obtained phase dependences for BP 1 and BP 4 are shown in Fig. 1 and fig. 2.

TABLE 1. RESULTS OF MEASURING COORDINATES OF BRIGHT POINTS

Coordinates	Number of bright point			
	1	2	3	4
y, m	-7.367	7.381	7.368	-7.382
z, m	-7.424	-8.478	7.283	8.465

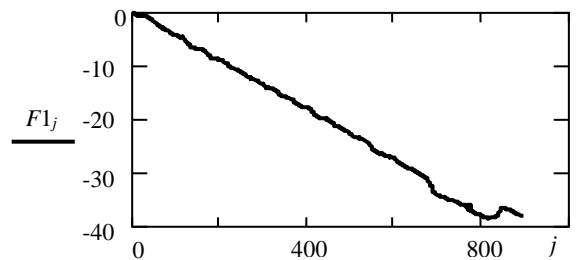


Fig. 1. Example of the calculated phase dependence for BP 1

The sequence of solutions of the system of equations (2) for these two BPs gives dependences $\varphi_y(t)$ (Fig. 3) and $\varphi_z(t)$ (Fig. 4). In fig. 3 the dotted line shows scaled the law of the roll angle of the target. It can be seen that it is close to

the phase law due to the rotational motion of the target in the vertical plane.

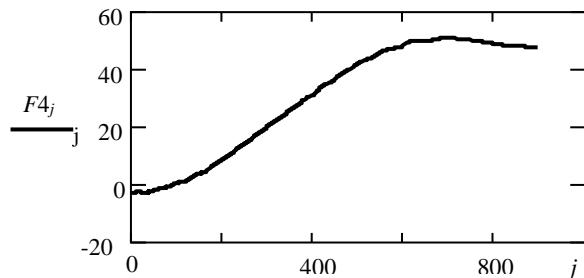


Fig. 2. Example of the obtained phase dependence for BP 4

The obtained dependences (Fig. 3, Fig. 4) can be used to predict the phase law of other BPs with given coordinates in the picture plane.

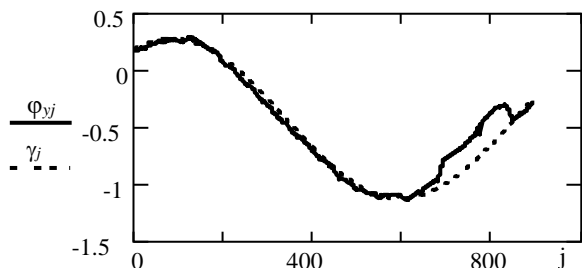


Fig. 3. Relative phase law (solid line) and scaled dependence of the roll angle of the target (dashed line) in the vertical plane

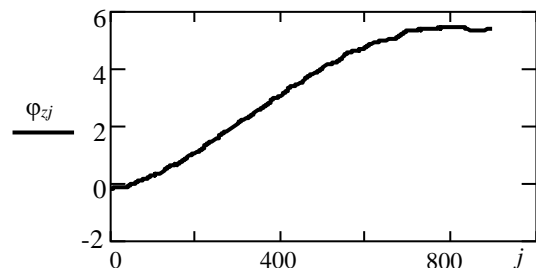


Fig. 4. Relative phase law in the horizontal plane

For example, the dependences that were reconstructed and obtained from the measurement results for BP 2 and BP 4 (Fig. 5 and Fig. 6) are presented. Their good match confirms the possibility of predicting the phase law for BP with given coordinates. Such laws can be used to restore 3D ISAR images.

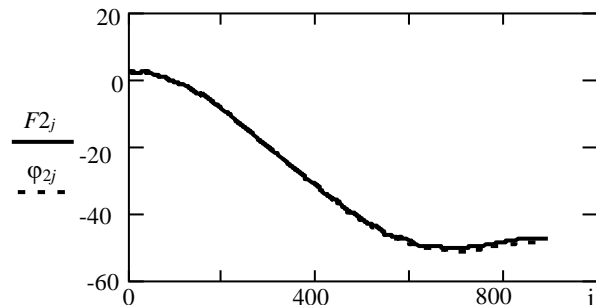


Fig. 5. Calculated (solid line) and restored (dashed line) phase dependencies for BP 2

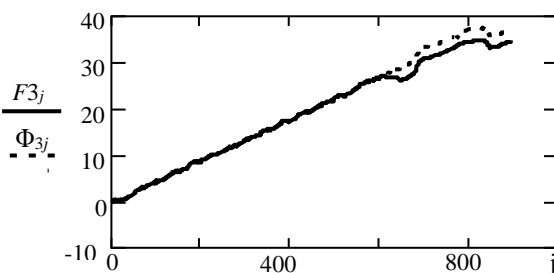


Fig. 6. Calculated (solid line) and restored (dashed line) phase dependencies for BP 3

CONCLUSIONS

Method for 3D imaging of objects with random motion components in InISAR is proposed. The novelty of this method is a separation of two orthogonal random phase components in vertical and horizontal planes. The possibility of separation is illustrated by the results of simulation. These components can be used for prediction of phase dependencies for all spatial elements of target and 3D imaging of whole object not only its some of strong bright points. Further study of the capabilities of the method will include simulation of the 3D imaging of objects of more complex shape for more complex observation conditions (lower signal-to-noise ratio, random nature of target movement in a turbulent atmosphere).

REFERENCES

- [1] Xu X., Narayanan R. M. Three dimensional interferometric ISAR imaging for target scattering diagnosis and modeling, *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 10, no. 7, pp. 1094–1102, Jul. 2001.
- [2] Wang G., Xia X., Chen V. C. Three-dimensional ISAR imaging of maneuvering target using three receivers, *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 10, no. 3, Mar. 2001, pp. 436–447.
- [3] Martorella M., Stagliano D., Salvetti F., Battisti N. 3D Interferometric ISAR Imaging of Noncooperative Targets, *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, 2014, 50, pp. 3102–3114.
- [4] H. H. Smaglyuk, H. D. Bratchenko, DSc, D. V. Grygoriev, A. I. Plotnik, “3D position measurement simulation of air target’s scatterers in interferometric ISAR”, *Collection of scientific works of the Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality*. — vol. 2(11), pp.58-64, Odesa, 2017.
- [5] V. V. Skachkov, H.D. Bratchenko, M. Milkovic, O. V. Tkachuk, H. H. Smahliuk D. V. Grygoryev, *Adaptive methods for measuring coordinates and radar imaging*. Varazdin: University North, 2018.
- [6] Salvetti, F. (2015). *Multi-channel techniques for 3D ISAR* (Doctoral thesis). University of Adelaide, School of Electrical and Electronic Engineering, Adelaide, South Australia.
- [7] B.D. Steinberg, “Microwave imaging of aircraft”, *Proceedings of the IEEE*, vol. 76(12), pp. 1578 – 1592, January 1989.

Наукове видання

**«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

праці

Міжнародної науково-практичної конференції

19 – 24 серпня 2019 року

Одеса, Україна

**«INTELLECTUAL SYSTEMS AND
INFORMATION TECHNOLOGIES»**

proceedings

of the International Scientific and Practical Conference

2019, August, 19th to 24th

Odesa, Ukraine

СПІВГОЛОВИ:

Коваль І.М.

ректор ОНУ ім. І.І.Мечникова, д.політ.н., проф.

Степаненко С.М.

ректор ОДЕКУ, д.ф.-м.н., проф.

Коломієць Л.В.

ректор ОДАТРЯ, д.т.н., проф

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Заступники

Гунченко Ю.О.,

д.т.н., проф., ОНУ імені І.І.Мечникова

Казакова Н.Ф.,

д.т.н., проф., ОДАТРЯ

Кузніченко С.Д.,

к.г.н., доц., ОДЕКУ

Відповідальний секретар

Кузніченко С.Д.,

к.г.н., доц., ОДЕКУ

Робоча група

Грабовський О.В.,

к.т.н., доц., ОДАТРЯ

Фразе-Фразенко О.О.,

к.т.н., доц., ОДАТРЯ

Коваленко Л.Б.,

к.г.н., доц., ОДЕКУ

Козловська В.П.,

к.ф.-м.н., доц. ОДЕКУ

Перелигін Б.В.,

к.т.н., доц. ОДЕКУ

Кобзєв В.Г.,

к.т.н., с.н.с. ХНУРЕ

Попов В.Л.,

Департамент інформації та зв'язків з громадськістю ОМР

Шуптар-Поривасєва Н.Й.,

голова наукового товариства молодих вчених, ОДЕКУ

Технічна група

Бучинська І.В.,

аспірант ОДЕКУ

Забожан О.В.,

зав. лабораторії, ОДЕКУ

Яковенко Г.М.,

технік I категорії, ОДЕКУ

Зуй О.Н.,

ст. лаборант, ОНУ імені І.І.Мечникова

Підписано до друку 5.08.2019. Формат 60x84/8. Папір офсетний
Ум. друк. арк. 30,23. Наклад 70прим. Замовлення № 0696
Видавництво та друкарня «ТЕС». (Свідоцтво ДК№ 771) Одеса, вул. Канатна 81/2
Тел: (0482)42-90-98, (0482)42-89-72
Надруковано з готових оригінал-макетів

Одеський державний екологічний університет
65015, Одеса, вул. Львівська, 15
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
Одеська державна академія технічного регулювання та якості