

Оценка риска бизнеса на основе нечетких данных

Введение.....	3
1. Моделирование неопределенности в бизнес-системах.....	6
1.1. Определения риска и шанса.....	6
1.2. Неопределенность идентификации текущих состояний бизнес-систем и методы борьбы с нею [19].....	9
1.3. Неопределенность завтрашнего дня и борьба с нею.....	22
1.4. Моделирование бизнес-систем и вычисления с образцами [17].....	24
1.5. Выводы по главе 1.....	29
2. Оценка риска банкротства корпорации.....	30
2.1. Введение в проблему.....	30
2.2. Модель риска банкротства корпорации.....	33
2.3. Метод оценки риска банкротства.....	35
2.4. Расчетный пример 1.....	40
2.5. Совместный учет количественных и качественных признаков в комплексной оценке.....	42
2.6. Анализ на основе только количественных оценок.....	42
2.7. Расчетный пример 2.....	43
2.8. Выводы по главе 2.....	44
3. Оценка риска инвестиционного проекта.....	46
3.1. Подход и вводимые обозначения.....	47
3.2. Моделирование денежных потоков инвестиционного проекта [14].....	49
3.2.1. Моделирование постоянных инвестиционных затрат.....	49
3.2.2. Моделирование выручки.....	49
3.2.3. Моделирование переменных производственных затрат.....	50
3.2.4. Моделирование постоянных производственных затрат.....	51
3.2.5. Моделирование потребности в чистом оборотном капитале.....	51
3.2.6. Оценка промежуточных результатов.....	53
3.3. Оценка эффективности и риска инвестиционного проекта.....	54
3.4. Риск-функция инвестиционного проекта.....	55
3.5. Оценка риска при размытом ограничении [20].....	61
3.5.1. Интервальный случай.....	61
3.5.2. Переход к общему случаю.....	63
3.5.3. Случай двух треугольных чисел общего вида.....	65
3.5.4. Модель «треугольник + число».....	71
3.5.5. Модель «треугольник + интервал».....	72
3.6. Планфактный контроль проекта.....	73
3.7. Гибридная модель денежных потоков инвестиционного проекта и оценка риска.....	73
3.8. Выводы по главе 3.....	74
4. Оценка риска бизнес-портфеля корпорации.....	76
4.1. Стратегическое планирование с использованием нечетко-множественных описаний.....	76
4.1.1. Введение.....	76

4.1.2.	Макроэкономический блок. PETS-анализ	77
4.1.3.	Маркетинговый блок. Анализ сильных и слабых сторон бизнеса	78
4.1.4.	Маркетинговый блок. Двумерный анализ «конкурентоспособность – перспективность»	81
4.1.5.	Финансовый блок. Бизнес-план	88
4.2.	Оптимизация бизнес-портфеля корпорации	89
4.3.	Выводы по главе 4	95
	Заключение	96
	Перечень цитируемых источников.....	99

Введение

Ибо кто из вас, желая построить башню, не сядет прежде и не вычислит издержек, имеет ли он, что нужно для совершения ее, дабы, когда положит основание и не сможет совершить, все видящие не стали смеяться над ним, говоря: этот человек начал строить и не мог окончить?

Евангелие от Луки, гл. 14, ст. 29-30

Эти предисловие к моей новой книге я пишу, находясь под тяжелым впечатлением от ареста Михаила Ходорковского и от всех событий, связанных с делом ЮКОСа (ноябрь 2003 года). Вдруг начинаешь понимать, что мир вокруг тебя меняется, и куда вновь понеслась загадочная русская птица-тройка, ответа никто дать не может.

Все вокруг подрагивает мелкой рябью, как перед крупным землетрясением. Казавшиеся незыблемыми еще несколько лет назад основы заколебались. И память услужливо воскрешает события августа 1991, сентября 1993 года, августа 1998 года. Общее во всех этих историях – тихая паника, в которой пребывает малочисленный российский средний класс. Все вокруг наполняется неопределенностью, пропитывается **риском**. Так что книга, в которой предметом исследования является риск, даже книга научной направленности, обречена в России на то, чтобы считаться своевременной.

Работа, которую читатель держит в руках, целиком посвящена **рискам бизнеса**. Риск в бизнесе – это некоторая возможность с негативным оттенком, возможность понести убытки в результате ведения дела. Причем эта возможность неотменима, она никогда не редуцируется до нуля. Потому что причины, которые могут нанести бизнесу ущерб, очень часто находятся за пределами бизнеса и силами самого бизнеса парированы быть не могут (и ЮКОС – красноречивый пример тому).

Ограниченность в управляемости и наблюдаемости, присущая бизнес-системам, порождает **информационную неопределенность** относительно условий, в которых данные системы пребывают сейчас и будут пребывать в будущем. Причем указанная неопределенность двуприродная. С одной стороны, она порождается неизвестностью завтрашнего дня. С другой стороны, она вызвана тем, что заключение о состоянии системы делает человек (менеджер, аналитик, собственник и т.д.). А лицам, принимающим решения (ЛПР), свойственно высказываться и думать на естественном языке; связь же, которая существует между количественными измерениями параметров системы и качественными оценками человека нетривиальна и неоднозначна. Чем меньше количество доступных ЛПР фактов и свидетельств, чем разнороднее собранная информация, - тем сложнее провести соответствие между количественными и качественными оценками.

Отсюда вытекает и двойная природа рисков. Во-первых, риски порождаются нашим незнанием о будущем бизнес-систем и их внешнем окружении. Соответственно, наши решения в условиях ограниченного знания могут оказаться ошибочными на перспективу. Во-вторых, риски возникают из ограниченности наших воззрений на настоящее; если мы и пытаемся учесть все необходимые для анализа факторы, то в полной мере нам это практически никогда не удастся; при этом сама система в ряде случаев не даст нам оснований для того, чтобы произвести анализ с предельной достоверностью и полнотой. Ошибка в распознавании состояния системы чревата ошибочными решениями – и соответствующими убытками.

В условиях гнетущего недостаточного знания, сопровождающего бизнес-решения, велик соблазн, исследуя риски, остаться в пределах субъективных оценок и рыхлых утверждений (по схеме «а голова – предмет темный и исследованию не подлежит» ☺). Но еще больший соблазн (лично для меня) – довести дело до количественных оценок, до числа. Как только риск получает количественную меру, возникают предпосылки для научного управления риском, для **риск-менеджмента**. А, чтобы грамотно оценивать риск бизнеса, необходимо научиться научно моделировать информационную неопределенность, проводя формально описанную границу между тем, что мы: а) знаем вполне точно; б) знаем с определенным уровнем достоверности; в) не знаем. Для этого на протяжении всей монографии в целях моделирования неопределенности автор применяет **нечетко-множественные описания**, как их определил еще сорок лет назад Лотфи Заде [2].

Нечетко-множественные формализмы для нас – это наиболее естественный язык моделирования неопределенности, который мы применяем для решения экономических задач уже пять лет, – и все больше становимся приверженцами этого способа моделирования, ибо не возникает повода для разочарований. Есть определенная конкуренция между нечеткими множествами и вероятностями при моделировании рисков бизнеса. Вероятности – это традиционный инструмент моделирования, который используется с давних времен. Однако есть определенные проблемы в обосновании вероятностных оценок. И здесь есть три пути развития событий. Первый – пытаться переходить от точечных оценок вероятностей к размытым оценкам, к интервальным и нечетким вероятностям. Второй путь – отказываться от использования вероятностных описаний, целиком замещая их нечетко-множественными. Третий путь – комбинировать в разумной пропорции вероятностные и нечетко-множественные описания (по аналогии с тем, как это реализуется в концепции нечетких случайных величин Пьюри-Ралески [37]). Выбор пути напрямую зависит от того, какой материал есть в распоряжении у аналитика; и ни один из этих путей не закрыт, что мы и продемонстрируем по ходу изложения.

Книга состоит из четырех глав.

В первой главе книги автор осуществляет теоретическое введение в практикуемые им модели. Раскрывается существо категории риска, неопределенности, шанса. Вводятся нечетко-множественные описания (с необходимой для изложения степенью полноты; подробно эти описания уже вводились автором в его предыдущих работах, исчерпывающий список который приведен в библиографии в конце книги).

Во второй главе книги автор исследует риск банкротства корпорации. В отличие от того, что уже сделано в [4, 5, 8], на сей раз множество отдельных показателей работы предприятия представляет собой **многоуровневую иерархию**, - что, впрочем, не отменяет существа метода анализа: матричного агрегирования качественных оценок факторов, как это делалось и в самом простейшем случае оценки.

В третьей главе автор количественно оценивает риск инвестиционного проекта как некоторой единицы бизнес-активности. Результаты, полученные в предыдущих работах автора и его коллег (в том числе в монографии «Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций»), здесь получают значительное развитие (в частности, параметры модели в настоящем изложении – это нечеткие числа самого общего вида). Совершенно новым направлением оценки риска является построение так называемых гибридных моделей денежных потоков. Заодно, первая часть книги преследует цель ввести необходимые для изложения нечетко-множественные описания.

В четвертой главе монографии автор оценивает риск бизнес-портфелей корпораций, рассматривая корпоративный бизнес под углом зрения его стратегического планирования. В связи с таким подходом рассматриваются задачи позиционирования отдельных бизнесов портфеля, оптимизации бизнес-портфеля, перехода от оценок, полученных в ходе классического PETS-анализа корпорации, к количественным оценкам уровней риска.

Опыт дискуссий с читателями моих книг показал, что люди трудно привыкают к новому. Им легче спастись перед новой математикой, новыми подходами к проблематике риска, - и вернуться в лоно традиционных вероятностных описаний и методов. Чтобы помочь своему читателю, в этот раз я пытаюсь построить изложение, воспроизводя внутреннюю логику поведения эксперта-аналитика, перед которым стоит задача оценивать риски бизнеса. Риски напрямую проистекают из неопределенности, как мы уже говорили; значит, эксперт учится описывать неопределенность. И назначение данной книги – помочь аналитику построить модель бизнеса, действующего в условиях существенной неопределенности; научить аналитика применять нечетко-множественные описания с тем же эффектом и с той же быстротой, как если бы он оперировал знакомыми ему точечными вероятностями и вероятностными распределениями.

Завершая краткое введение, я (уже традиционно) благодарю:

- Господа Бога – за все;
- свою мать Татьяну и отца Олега – за предоставленную возможность участвовать в делах этого мира;
- жену Нонну – за терпение, сочувствие и огромную помощь;
- своих соавторов и коллег Максимова О.Б., Воронова К.И., Овсянко А.Д., Бессонова Д.Н., Кокоша А.М., Фролова С.Н. – за профессионализм;
- компанию Siemens Business Services Russia [38] – за содействие моим научным изысканиям.

1. Моделирование неопределенности в бизнес-системах

1.1. Определения риска и шанса

Дадим ряд определений, которые позволят нам сформулировать наиболее общее определение риска.

Система – это множество взаимодействующих элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом и составляющих целостное образование. Соответственно, бизнес-система – это система, в рамках которой реализуется ведение бизнеса определенной направленности.

Процесс – это последовательная смена явлений, состояний в развитии системы в ее взаимодействии с внешним по отношению к данной системе окружением. В бизнес-системах протекают бизнес-процессы, которые условно можно подразделить на *корневые* (в рамках которых достигается определенный бизнес-результат, – например, прибыль) и *вспомогательные*, служащие целям поддержки корневых бизнес-процессов.

Стейкхолдер процесса – лицо, контролирующее протекание процесса и/или управляющее им, а также получающее выгоды (убытки) от протекания процесса в благоприятном (неблагоприятном) направлении. Есть смысл говорить о наборе стейкхолдеров процесса, интересы которых могут быть совпадающими или противоположными (например, противоположность интересов собственников предприятия и его конкурентов).

Горизонт процесса – временной интервал, на котором рассматривается процесс и относительно которого делается заключение об успешности (неуспешности) протекания процесса для его стейкхолдера.

Выгода – измеренное количественно или качественно позитивное влияние, оказываемое со стороны процесса на своего стейкхолдера. Существуют два пути задания выгоды: *точечный* – когда на горизонте процесса есть отсчет, на котором данная выгода фиксируется; *интервальный* – когда факт выгоды подтверждается по завершении интервала горизонта процесса.

Ущерб – измеренное количественно или качественно негативное влияние, оказываемое со стороны процесса на своего стейкхолдера. Аналогично случаю выгоды, мы можем задавать ущерб как точно, так и интервально.

Благоприятное развитие процесса – такое, в результате которого данный стейкхолдер процесса получает выгоду.

Неблагоприятное развитие процесса – такое, в результате которого данный стейкхолдер процесса получает ущерб.

Возможность – мера осуществимости, допустимости чего-либо. Удобно областью значений возможности рассматривать единичный интервал $[0,1]$ и принять, что большей возможности соответствует большее значение на этом интервале. Крайние точки: 0 – событие (ситуация) невозможна; 1 – событие (ситуация) неизбежна.

Риск – это возможность неблагоприятного развития процесса для данного стейкхолдера этого процесса.

Шанс – это возможность благоприятного развития процесса для данного стейкхолдера этого процесса.

Новизна выдвигаемого определения риска очевидна:

- риск определяется относительно соответствующего стейкхолдера (одно и то же событие, случившееся в системе бизнеса, имеет принципиально различные последствия для различных физических и юридических лиц в системе);
- риск сопровождает бизнес-процесс, - и соответствующую систему, в той мере, в которой рассматриваемый процесс воздействует на систему, видоизменяя ее;
- определение риска зависит от того, как мы понимаем ущерб – точно или интервально. Таким образом, риск – это функция времени;
- риск – это мера события, совершающегося не достоверно, а по возможности, опционально (с этой точки зрения бизнес-процессы правильно рассматривать как **процессы создания реальных опционов** с положительной (шансы) и отрицательной (риски) стоимостью);
- категории риска сопоставляется парная ей категория шанса, выражающая наличие стейкхолдеров с противоположным интересом.

Примеры определения бизнес-рисков сведены в таблицу 1.1. Проиллюстрируем идентификацию категории риска для случая неэффективности инвестиционного проекта (строка 3 таблицы 1.1). *Системой* в этом случае выступает сам инвестиционный проект, понимаемый нами здесь как организованная совокупность материальных, энергетических, финансовых и людских ресурсов, сориентированная на достижение определенных финансовых результатов в интересах владельца проекта - инвестора (*стейкхолдера*). В системе проекта протекают корневые инвестиционные *процессы*, представляющие собой временный отказ владельца проекта от потребления имеющихся в его распоряжении ресурсов (капитала) и использование этих ресурсов для увеличения в будущем своего благосостояния. *Горизонт процесса* совпадает с горизонтом инвестирования капитала – периодом, на котором осуществляется бюджетирование финансовых потоков инвестиционного проекта. *Ущерб* мы определяем интервально, измеряя его как отрицательный накопленный денежный поток проекта, оцененный с учетом фактора дисконтирования на горизонте проекта. Возможность такого ущерба, собственно, и представляет собой риск неэффективности проекта (риск того, что NPV – чистая современная ценность проекта – окажется отрицательной).

Неискоренимый риск инвестиционного проекта (если смотреть на проблему в целом) коренится в том, что наши затраты по проекту – вещи вполне предсказуемые и хорошо оцениваемые. Они реальны и неотменимы, потому что целиком находятся в компетенции инвестора. Что же до возврата на инвестиции, то он, наоборот, целиком **опционален**, т.е. представляет собой чистую возможность. Потому что процесс извлечения выручки из проекта не находится под 100%-ым контролем владельцем процесса, а обусловлен массой факторов, которые формально находятся за скобками инвестиционного проекта – потребительский спрос на реализуемую в рамках проекта продукцию, налоговое окружение, форс-мажорные обстоятельства и т.п.

Табл. 1.1. Примеры идентификации риска

№	Система	Процесс	Стейкхолдеры	Неблагоприятное развитие процесса	Тип риска/шанса
1	Компания	Стратегическое развитие компании	Собственники Конкуренты	Снижение объемов продаж в определенном рыночном сегменте	Качественное снижение конкурентоспособности Увеличение объемов продаж
2	Корпорация	Финансовая деятельность корпорации	Собственники Компания-агрессор	Снижение ликвидности активов	Банкротство предприятия Захват предприятия
3	Инвестиционный проект	Процесс освоения прямых инвестиций	Инвестор	Невыполнение плана по выручке	Неокупаемость инвестиций за расчетный срок
4	Субъект гражданского права	Владение ценными бумагами	Акционеры	Снижение курса акций	Убытки акционеров в расчетном периоде
5	Финансовая система корпорации	Исследование текущего состояния системы финансовым аналитиком	Собственники корпорации	Ошибочное распознавание состояния корпорации: а) недооценка тяжести положения; б) переоценка	Убытки в связи с соответствующими ошибочными решениями

1.2. Неопределенность идентификации текущих состояний бизнес-систем и методы борьбы с нею [19]

Риск связан с неопределенностью очень тесно. Мы рассматриваем два случая неопределенности: идентификации текущих и перспективных состояний систем. Начнем с первого случая.

Наблюдение за бизнес-системой имеет своим естественным следствием получение качественных оценок об уровне наблюдаемых параметров. Это – естественно во всех смыслах, потому что на систему смотрит человек, который высказывается и размышляет в терминах естественного языка, где все оценки – качественные, т.е. приложенные к ситуации наблюдателя. Классификация – естественный прием сжатия пространства наблюдения к набору классов, помеченных определенными ярлыками. Множество возможных измерений наблюдаемого параметра (выручки, доходности, ликвидности, конкурентоспособности и т.п.) – непрерывно, и, следовательно, несчетно в математическом смысле. Множество же классификаций – дискретно, конечно, счетно и мало; в простейшем случае таких классификаций две: **плохо и хорошо**. Во имя оперативности и простоты распознавания ситуаций число классификаций редко превышает 5.

При решении задач экономического анализа очень часто встает вопрос о качественной интерпретации тех или иных уровней параметров. Например, финансовому директору компании докладывают: «у нас оборачиваемость активов 0.6». Сразу напрашивается вопрос, **много это или мало**. Естественно: лингвистическая оценка действует на человека как внятный сигнал и наилучшим образом побуждает его принимать решения.

Но, чтобы провести достоверную лингвистическую оценку уровня параметров, надо сделать, по крайней мере, две вещи:

1. **Выбрать лингвистическую шкалу для оценки.** «Много/мало» - это простейшая бинарная шкала (сразу вспоминается сцена с аптекарем из «Неуловимых мстителей», испытывающим бомбы); «Много – средне – мало» - это тринарная шкала. Очень часто применяется **пенташкала (пятиуровневый классификатор)** «Очень низкий (ОН) – Низкий (Н) – Средний (Ср) – Высокий (В) – Очень высокий (ОВ)». Шкалы более 7 состояний не популярны в народе, и это правильно: рассеивается внимание, и все начинает походить на бесконечнозначную логику.
2. **Собрать всю необходимую информацию для лингвистической оценки.** Сюда относятся количественные данные, собранные по группе однотипных объектов наблюдения, а также дополнительные закономерности, присущие объектам исследования, которые могут оказать влияние на оценку.

Например, для качественной оценки уровня ликвидности предприятия, необходимо собрать статистическую информацию по аналогичным предприятиям

за данный сравнительно небольшой период наблюдения (чтобы соблюсти условие статистической однородности). Одновременно необходимо руководствоваться закономерностями, присущими объектам финансового анализа. Например, интуитивно ясно, что когда чистый оборотный капитал компании отрицательный, то это плохо (актуальный пример - «ЮКОС», консолидированная отчетность за 1 кв. 2003 года: краткосрочные обязательства – 108 млрд. руб., оборотные активы – 54 млрд. руб. Данные [28]). Также существуют всевозможные **нормативы**. Например, считается «нормальным», когда коэффициент автономии предприятия больше 0.5, коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами – больше 0.1, а коэффициент маневренности – больше 0.5. Применительно к кредитным учреждениям ряд нормативов (ликвидности, достаточности капитала и т.д.) установлен Центробанком РФ и имеет силу закона.

Но, как не существует общих рецептов достижения благосостояния, так и не может существовать жестких однотипных финансовых рамок для всех предприятий, характеризующихся различным положением на рынке, состоянием бизнеса и т.д. То, что считается нормальным в общем смысле, может оказаться совершенно ненормальным в конкретном частном случае. Например, предприятие постперестроечного образца, прошедшее принудительную приватизацию, имеет на своем балансе огромное количество неликвидных активов (морально устаревшее оборудование, требующие капремонта здания и т.д.). Однако оно добросовестно переоценивает эти активы и в результате формально выглядит вполне пристойно (нормальная финансовая автономия, например, с уровнем 0.5). Однако при детальном исследовании выясняется, что для покрытия задолженностей в случае банкротства соотношение ликвидационной цены предприятия и оценки его собственных средств по балансу составляет не более чем 1:10. Поэтому первоначальная «нормальность» в этом случае совершенно редуцируется, уступая место обоснованной тревоге.

Также целый пучок проблем связан с исходными данными для лингвистического анализа. Во-первых, трудно выполнить условие статистической однородности. Применительно к развитым странам однородность выборки достигается довольно легко. Так, 9000 корпораций США, чьи акции котируются на бирже, подразделены на 14 секторов и 31 индустриальную группу в составе этих секторов [36]. И в этом случае можно добиться однородности хотя бы на уровне секторов. В России ситуация принципиально иная. Есть некоторое количество корпораций (несколько десятков), чьи акции регулярно торгуются на российских биржах. Все остальные компании, в силу своей недоразвитости или из-за отсутствия желания привлекать средства на рынке (делясь контролем при этом), составляют подводную часть айсберга. И это как бы две разные экономики, перемешивание которых в анализе проблематично.

Во-вторых, подлежит дополнительному исследованию вопрос, можно ли объединять при анализе данные, относящиеся к различным временным горизонтальным срезам наблюдения. Сובлазн учитывать разновременные данные совместно возникает там, где количественных данных за один период времени для

полноценного анализа не хватает. И, несмотря на то, что формально статистическая однородность уже не соблюдена, все равно (для случаев, когда не произошло чего-либо экстраординарного со страной, по которой проводится исследование) эти данные могут оказаться представительными для качественных выводов на их основе. Например, посткризисные годы (2001 – 2003) могут считаться однородными (примерно одинаковый уровень инфляции и темпов роста ВВП). Соответственно, объем статистики, рассматриваемой совместно, возрастает втрое.

В свое время, чтобы снять вышеуказанные проблемы, нами в [4] было введено понятие квазистатистики. **Квазистатистика** – это выборка наблюдений из их генеральной совокупности, которая считается недостаточной для идентификации вероятностного закона распределения с точно определенными параметрами, но признается достаточной для того, чтобы с той или иной субъективной степенью достоверности обосновать закон наблюдений в вероятностной или любой иной форме, причем параметры этого закона будут заданы по специальным правилам, чтобы удовлетворить требуемой достоверности идентификации закона наблюдений.

Все сводится к тому, что, если имеет место квазистатистика факторов, вероятностного распределения в классическом смысле на ее основе нам построить не удастся. Однако сделать качественные выводы – и, в частности, произвести лингвистический анализ входных данных, - мы сможем.

Пусть мы договорились о том, что есть ряд однотипных интервалов анализа (например, кварталов или их финальных дат в пределах последних 2 – 3 лет). Для каждого интервала анализа построим **гистограмму** исследуемого фактора по выбранному перечню объектов наблюдения (например, по 100 крупнейшим предприятиям России). Сопоставим эти гистограммы. И, если окажется, что различие между гистограммами может быть признано несущественным (нет существенного смещения максимумов гистограмм друг относительно друга, гистограммы покрывают примерно один и тот же носитель), то целесообразно объединять данные по двум этим кварталам и строить сводную гистограмму. Контент объединенных данных в этом случае следует признать квазистатистикой для целей лингвистического анализа уровней фактора.

Аналогично квазистатистика выстраивается, когда имеет место схожесть гистограмм по двум отраслям экономики. Например (рис. 1.1), построение гистограмм фактора «цена-доход» по двум секторам экономики США (Basic Materials и Consumer Cyclical, июль 2003 года) позволяет говорить о схожести по двум критериям: совпадение максимумов гистограмм и покрытие примерно одного интервала носителя (от 2.5 до 50).

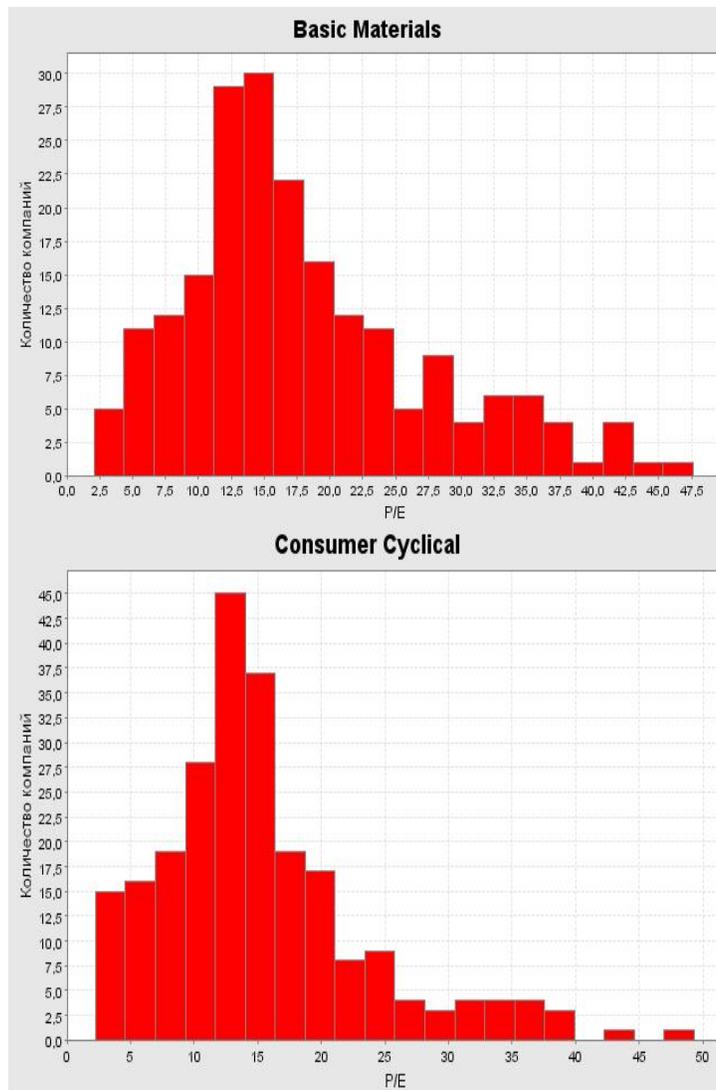


Рис. 1.1. Сопоставление гистограмм по двум секторам экономики США.

А если взять данные по всей экономике США за 03 июля 2003 года (рис. 1.2), то видно, что эти данные обладают схожестью с данными рис. 1.1. И, следовательно, просматривается закономерность, позволяющая более-менее уверенно производить лингвистический анализ по этому фактору.

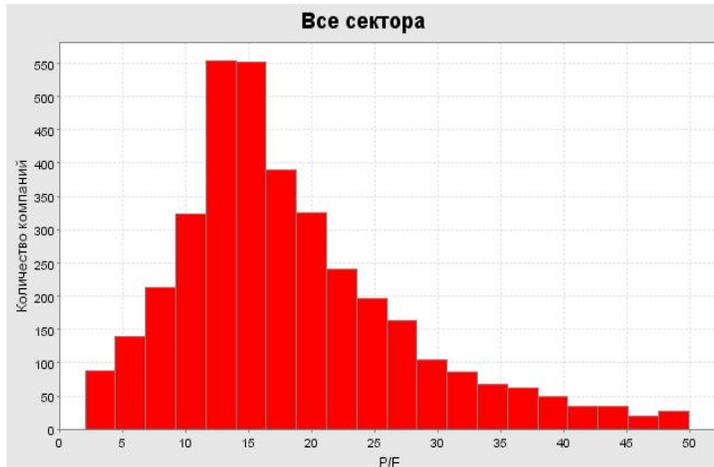


Рис. 2. Гистограмма P/E по всей экономике США (июль 2003 года)

Февральские данные по данному фактору (все сектора США) выглядят так (рис. 1.3):

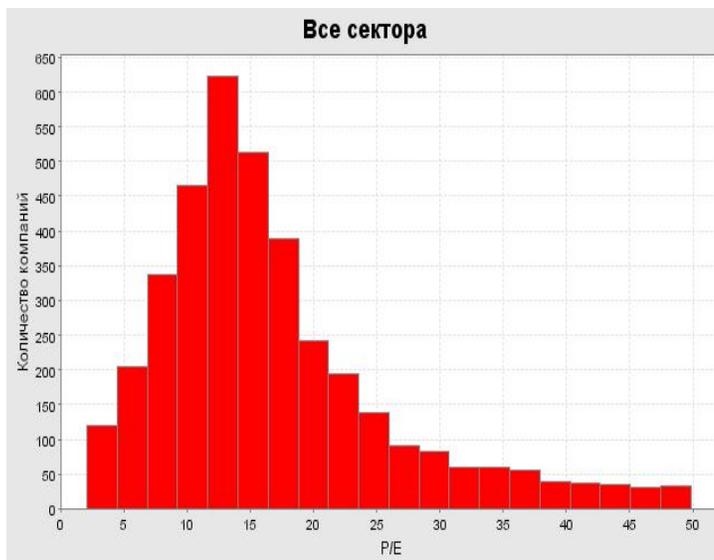


Рис. 3. Гистограмма P/E по всей экономике США (февраль 2003 года)

Сопоставление рис. 1.3 и рис. 1.2 показывает, что различия здесь несущественны, и лингвистический анализ возможен на объединенном контенте этих данных.

Формально гистограмма – это математический объект следующего вида:

$$\Gamma = \{X, N, \Delta, Z\}, \quad (1.1)$$

где $X = [x_{\min}, x_{\max}]$ – интервал анализа носителя, N – число ячеек гистограммы (для рис. 1 – 3 $N = 20$), $\Delta = (x_{\max} - x_{\min})/N$ – шаг гистограммы, Z – вектор числа попаданий квазистатистики в соответствующую ячейку гистограммы размерностью N .

Гистограмма, приведенная к виду плотности – это гистограмма, в которой вектор Z заменен вектором

$$f_i = \frac{Z_i}{\Delta \sum_i Z_i}, i = 1..N. \quad (1.2)$$

Именно по виду этих гистограмм идентифицируется вероятностный закон распределения (если он есть).

Нормированная гистограмма – такая, в которой вектор Z заменен вектором

$$z_i = \frac{Z_i}{\max_{(i)} Z_i}, i = 1..N. \quad (1.3)$$

Сопоставление нормированных гистограмм возможно, если для них совпадает носитель и число ячеек. Тогда можно выстроить меру схожести нормированных гистограмм, например, как меру Хэмминга. Тогда предельно схожие гистограммы имеют меру схожести 0, а предельно расходящиеся нормированные гистограммы – единицу (т.е. носитель критерия – стандартный 01-носитель).

Критерий схожести может получить лингвистическую интерпретацию в виде пенташкалы «ОН – Н – Ср – В – ОВ». Построить такую пенташкалу можно, если на систематической основе давать экспертному сообществу на сопоставление две нормированные гистограммы с предложением дать лингвистическую оценку схожести этих гистограмм. Но в данном исследовании мы не ставим перед собой задачу углубляться в этот предмет. Мы считаем, что на входе модели лингвистического анализа находится квазистатистика, и все предварительные работы экспертов по ее согласованию уже состоялись.

Итак, мы хотим сопоставить гистограмме вида, например, рис. 1.2, пенташкалу, каждому словесному элементу которой отвечает нечеткое число. Причем целесообразно, чтобы построенный классификатор был разновидностью так называемой «серой» шкалы **Поспелова [23]**, представляющей собой полярную (оппозиционную) шкалу, в которой переход от свойства A^+ к свойству A^- (например, от свойства «большой дом» к свойству «дом среднего размера» лингвистической переменной «Размер дома») происходит плавно, постепенно. Подобные шкалы удовлетворяют условиям [26]: а) взаимной компенсации между свойствами A^+ и A^- (чем в большей степени проявляется A^+ , тем в меньшей степени проявляется A^- , и наоборот); б) наличия нейтральной точки A^0 , интерпретируемой как точка наибольшего противоречия, в которой оба свойства присутствуют в

равной степени (например, когда дом кажется одновременно и большим, и средним по размерам).

В случае стандартной пенташкалы, определенной на 01-носителе, абсциссы нейтральных точек на 01-носителе имеют координаты (0.2, 0.4, 0.6, 0.8) [18], а сам такой пятиуровневый классификатор, построенный на **трапецевидных нечетких числах**, имеет вид рис.1.4.

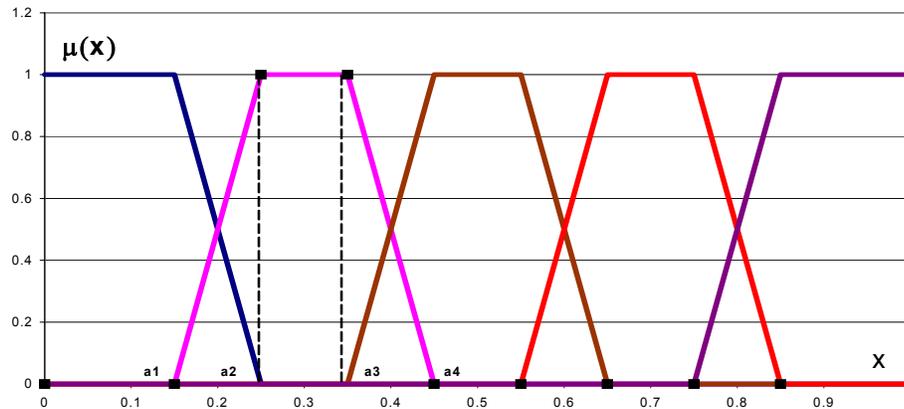


Рис. 1.4. Стандартная пенташкала на 01-носителе

И ясно, что пенташкала на трапецевидных числах является серой шкалой в смысле Поспелова, и лингвистический анализ на ее основе будет непротиворечивым.

Вот тут мы впервые упомянули нечетко-множественный формализм – **трапецевидные нечеткие числа**, и тут, конечно, требуются пояснения (которые, впрочем, можно получить и в [4]).

Рассмотрим высказывание: «очень низкое значение фактора X находится в пределах от 0 до 0.25». Такому высказыванию соответствует просто **интервал** [0, 0.25] на действительной оси. Но, обычно, эксперт не может быть столь уверен в своей оценке, и необходимы дополнительные высказывания уточняющего характера, например:

- «когда $X > 0.25$, этот уровень 100%-но **не является** очень низким»;
- «когда $X < 0.15$, этот уровень 100%-но **является** очень низким».

Что же происходит на интервале [0.15, 0.25]? Эксперт (или экспертное сообщество) затрудняется в однозначной классификации данных этого отрезка. Интервал [0.15, 0.25] – это зона неопределенности в оценке, которая может быть описана наклонным ребром трапецевидного нечеткого числа. Достоинством такого описания является его удовлетворение требованиям «серой» шкалы Поспелова: наличие нейтральной точки посреди интервала неопределенности и монотонное убывание экспертной уверенности в классификации по мере роста X .

Такому комплексу требований удовлетворяют, разумеется, не только трапециевидные числа. Однако эти числа выражают ту простую идею, что если нет никаких дополнительных соображений о характере убывания экспертной уверенности, то линейный вид соответствующей функции принадлежности – наиболее рациональный (экономичный).

Трапециевидные числа еще иногда называют нечетким интервалом. В самом деле, именно с границами интервала и их соотношением с качественной лингвистической категорией у эксперта возникают проблемы. Поэтому закономерно сопоставить трапециевидному числу высказывание такого, например, вида: «низкое значение параметра X колеблется *где-то* от 0.2 до 0.4». В слове «где-то» заключена та суть, что левый конец интервала составляет примерно 0.2, а правый – примерно 0.4, и эта примерность интерпретируется ребром трапеции с соответствующим наклоном.

Покажем, как строить пенташкалу в простейшем случае. Пусть имеется унимодальная гистограмма фактора, с «подозрением» на то, что за этой гистограммой стоит нормальное распределение. Тогда, по общим правилам статистики, определим среднее значение μ гистограммы и среднеквадратическое отклонение от среднего (СКО) σ . Построим набор из пяти узловых точек пятиуровневого классификатора по правилу:

$$\begin{aligned}\mu_1 &= \mu - t_1\sigma, \\ \mu_2 &= \mu - t_2\sigma, \\ \mu_3 &= \mu, \\ \mu_4 &= \mu + t_2\sigma, \\ \mu_5 &= \mu + t_1\sigma,\end{aligned}\tag{1.4}$$

где t_i – коэффициенты, в классической статистике являющиеся коэффициентами Стьюдента. Для каждой узловой точки классификатора справедливо, что в ней уровень фактора распознается, **однозначно**, со стопроцентной экспертной уверенностью. Например, точка μ_1 отвечает очень низкому уровню фактора (ОН), μ_2 – состоянию Н и т.д.

Далее поделим каждый отрезок $[\mu_i, \mu_{i+1}]$ на три зоны: зону абсолютной уверенности, зону пониженной уверенности и зону абсолютной неуверенности. Длины этих трех зон составляют пропорцию 1:u:1, где параметр $u \geq 0$ выражает глубину неуверенности. Так, при $u=0$ пониженной уверенности нет, и разграничение зон является жестким (интервальным). В противоположном случае, при $u=\infty$, абсолютной уверенности-неуверенности нет (как, например, для случая контроллера температуры Мамдани [40], рис. 1.5). Для случая стандартной пенташкалы на 01-носителе $u=2$. Так что выбор u – это дело разработчиков классификатора.

Нанесем дополнительные точки (границы зон уверенности-неуверенности) на ось носителя фактора. Тогда можно в зоне уверенности принять

соответствующую функцию принадлежности за 1, в зоне абсолютной неуверенности – за 0, а зону неуверенности описать наклонным ребром соответствующего трапециевидного нечеткого числа. Таким образом, первое приближение пенташкалы построено.

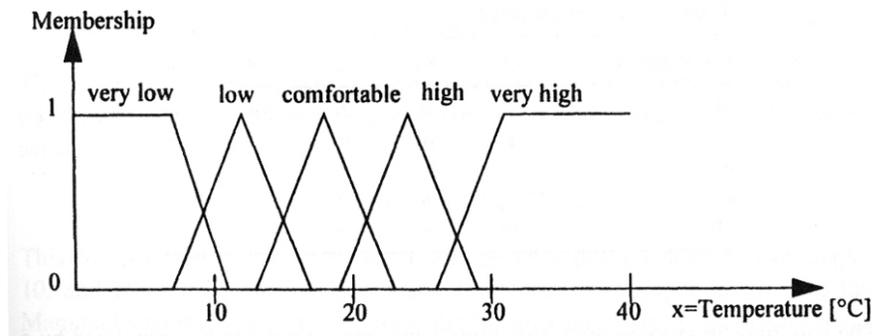


Рис. 1.5. Лингвистическая переменная «Уровень комнатной температуры» [40]

Пример. По гистограмме вида рис. 1.5 для носителя $X=[0, 10]$ определяем: $\mu = 4.5$, СКО = 2. Также задаемся $u=1$, т.е. все зоны (уверенности - пониженной уверенности – неуверенности) имеют равную длину.

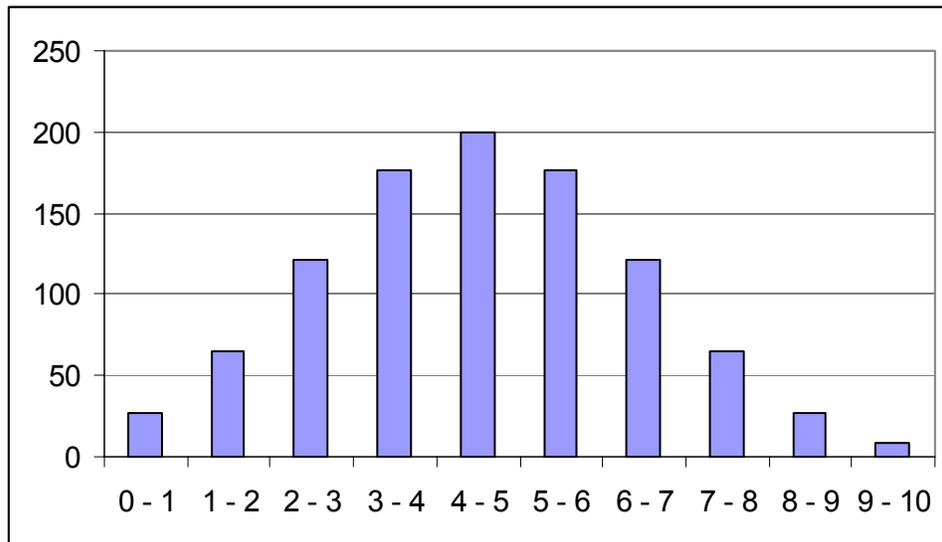


Рис. 1.6. Гистограмма нормально распределенной статистики.

Значение 0.5 носителя гистограммы представляется экспертам очень низким, а значение 8.5 – очень высоким. Отсюда и из (1.4) сразу следует $t_1 = (4.5 - 0.5)/2 = (8.5 - 4.5)/2 = 2$. Значение 2 носителя представляется экспертам низким, поэтому $t_2 = (4.5 - 2)/2 = 1.25$. Соответственно, непротиворечивая классификация дает $\mu_4 = \mu + t_2\sigma = 4.5 + 1.25 \cdot 2 = 7$.

Таким образом, интервалы зон абсолютной уверенности следующие:

$$\begin{aligned}
 \text{ОН:} & \quad [0, 0.5+(2-0.5)/3] = [0, 1]; \\
 \text{Н:} & \quad [2-(2-0.5)/3, 2+(4.5-2)/3] = [1.5, 2.83]; \\
 \text{Ср:} & \quad [4.5-(4.5-2)/3, 4.5+(7-4.5)/3] = [3.67, 5.33]; \\
 \text{В:} & \quad [7-(7-4.5)/3, 7+(8.5-7)/3] = [6.17, 7.5]; \\
 \text{ОВ:} & \quad [8.5-(8.5-7)/3, 10] = [8, 10];
 \end{aligned}
 \tag{1.5}$$

Соответствующая выделенным узловым точкам и интервалам абсолютной уверенности пенташкала представлена на рис. 1.7.

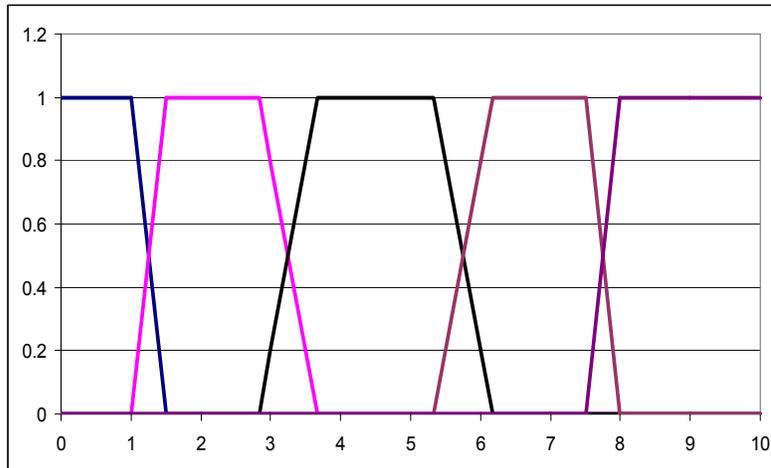


Рис. 1.7. Пенташкала для гистограммы рис. 1.5

В дальнейшем эксперт может, уточняя полученный классификатор на основании дополнительных соображений, управлять местоположением узловых точек классификатора и получать новые функции принадлежности.

В более сложном случае, когда симметрии нет, необходимо ассоциировать узловые точки пенташкалы с гистограммой на основе экспертного опроса. Все остальное (определение интервалов абсолютной уверенности/неуверенности) производится по вышеизложенной схеме. Продемонстрируем это **на реальном примере** гистограммы рис. 1.2.

Пусть эксперты единодушно договорились о том, чтобы считать:

$$\begin{aligned}
 \mu_1 &= 5 \text{ – очень низкое значение фактора Р/Е;} \\
 \mu_3 &= 15 \text{ - среднее значение фактора Р/Е;} \\
 \mu_5 &= 30 \text{ - очень высокое значение фактора Р/Е;} \\
 u &= 1.
 \end{aligned}
 \tag{1.6}$$

Но эксперты затрудняются с получением узловых точек μ_2 и μ_4 . Можно было бы примитивно задать $\mu_2 = (\mu_1 + \mu_3)/2 = 10$, $\mu_4 = (\mu_3 + \mu_5)/2 = 22.5$, но такое задание пренебрегает формой гистограммы, а ее хотелось бы учесть в анализе.

Такой учет возможен, если искать узловые точки по правилам взвешенного среднего. Тогда:

$$\mu_2 = \frac{5 * Z_2 + 7.5 * Z_3 + 10 * Z_4 + 12.5 * Z_5 + 15 * Z_6}{Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6}; \quad (1.7.1)$$

$$\mu_4 = \frac{15 * Z_6 + 17.5 * Z_7 + 20 * Z_8 + 22.5 * Z_9 + 25 * Z_{10} + 27.5 * Z_{11} + 30 * Z_{12}}{Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9 + Z_{10} + Z_{11} + Z_{12}}; \quad (1.7.2)$$

Значения вектора уровней гистограммы представлены в табл. 1.2:

Табл. 1.2. Вектор уровней гистограммы Z

i	Z_i	i	Z_i
1	120	11	92
2	200	12	85
3	345	13	60
4	460	14	60
5	620	15	55
6	510	16	40
7	380	17	35
8	240	18	32
9	190	19	30
10	140	20	32

Соответственно, расчет по (1.7) с учетом данных табл. 1.2 дает $\mu_2 = 11.1$, $\mu_4 = 19.5$, т.е. промежуточные узловые точки ложатся ближе к средней точке, нежели это предусматривается простым осредненным случаем.

Дальнейший анализ и построение пенташкалы уже не представляют труда. Интервалы зон абсолютной уверенности следующие:

$$\begin{aligned} \text{ОН:} & [0, 5+(11.1-5)/3] = [0, 7]; \\ \text{Н:} & [11.5-(11.1-5)/3, 11.5+(15-11.5)/3] = [9, 12.7]; \\ \text{Ср:} & [15-(15-11.5)/3, 15+(19.5-15)/3] = [13.8, 17.5]; \\ \text{В:} & [19.5-(19.5-15)/3, 19.5+(30-19.5)/3] = [18, 23]; \\ \text{ОВ:} & [30-(30-19.5)/3, 50] = [26.5, 50]; \end{aligned} \quad (1.8)$$

Если полученная пенташкала не вызывает возражений у экспертов, то задача решена. В противном случае, требуется динамически изменять зону (интервал) абсолютной уверенности и параметр μ в каждом случае, добиваясь полной согласованности в экспертных оценках. Если согласия не наблюдается, то можно перейти от пенташкалы на трапециевидных числах к тому же на

колоколообразных или треугольных числах, с вершинами в узловых точках пенташкалы, как в случае контроллера Мамдани. ($u=\infty$). Применяя этот прием, мы остаемся в пределах старых качественных оценок (относительно которых у экспертов нет споров). Переход к новому типу чисел оставляет шкалу серой в смысле Поспелова, т.е. непротиворечивой.

Подведем итоги. Представляется, что мы эскизно, крупными мазками, очертили путь лингвистической классификации исходных данных, которые рассматриваются в модели как квазистатистика. Задача, поставленная и решенная здесь, является центральной в теории data mining, т.е. в ходе получения знаний на основе данных, извлечения знаний из данных. Такой подход – это самое эффективное, что можно предпринять в борьбе с неопределенностью при идентификации состояния бизнес-систем по их наблюдаемым параметрам.

Общая схема лингвистической классификации такова:

1. Мы исследуем исходный контент данных и верифицируем его как квазистатистику, т.е. специально доказываем, что за этими данными кроется некий не проявленный до конца закон, – например, серая шкала в смысле Поспелова.
2. Наносим некоторое количество узловых точек (три или сразу пять). Если нет никаких мыслей относительно положения узловых точек (нет эксперта под рукой) - работает стандартное правило: узловая точка ОН – левый конец интервала носителя, узловая точка ОВ – правый конец интервала носителя, средняя точка (Ср) – отвечает максимуму гистограммы (в унимодальном случае) или **медиане** гистограммы (в полимодальном случае). В принципе, можно везде пользоваться медианой вместо среднего (для нормального распределения эти величины совпадают).
3. Есть исключение из общего правила предыдущего пункта, когда у гистограммы максимум прижат к левой или правой точке интервала носителя (например, как на рис. 1.8). Такая ситуация говорит о том, что существует определенная тенденция, при которой максимум гистограммы не соответствует среднему уровню параметра. Подобные случаи возникают, например, в депрессивных отраслях, когда большинство предприятий находятся на грани банкротства, а их ключевые параметры ухудшены относительно рациональной нормы. Случай же рис. 1.8 выражает, в частности, то неотменимое общее правило, что низкокапитализированных компаний численно больше, нежели высококапитализированных. В этом случае капитализация 1 млрд. долл. – очень низкая в своем классе, а значение, отвечающее узловой точке Ср, располагается где-то посередине выделенного интервала (на уровне 3 млрд. долл.).

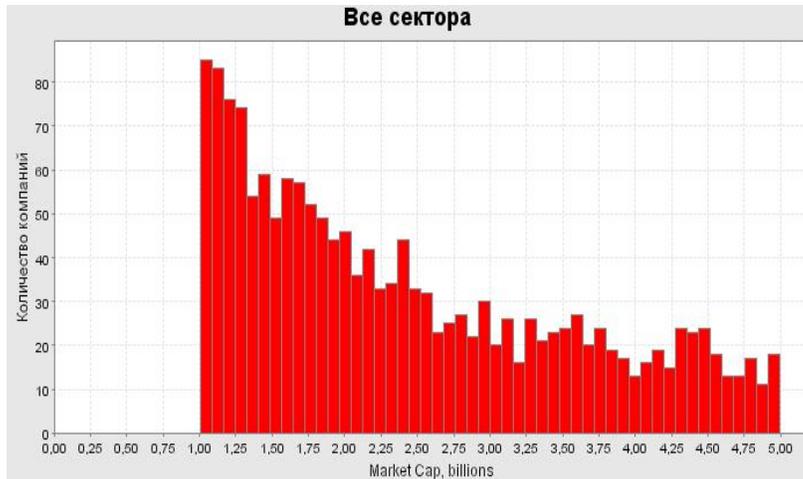


Рис. 1.8. Гистограмма со смещенным максимумом

4. Если мы выбрали только три узловые точки из пяти, то оставшиеся две мы наносим по правилам взвешенного среднего, аналогично (1.7) Таким образом, мы учитываем при выборе точек Н и В профиль гистограммы (вектор уровней Z).
5. Интервал между двумя рядом стоящими узловыми точками мы делим на три зоны, промежуточная из которых – это зона неуверенности эксперта в классификации, интерпретируемая наклонным ребром трапециевидного нечеткого числа. Таким образом, первичная лингвистическая интерпретация гистограммы завершена.
6. Можно пытаться уточнять полученную классификацию, сближая узловые точки классификации друг с другом и сужая тем самым зону неопределенности. Можно заместить узловую точку интервалом абсолютной уверенности и пытаться его расширять в обе стороны от узловой точки, которая этому интервалу принадлежит по построению. Но во всех случаях мы должны обеспечивать согласие экспертного сообщества о результатах уточненной классификации.
7. Если гистограмма невыразительна (имеет невыраженный максимум и множество локальных минимумов), то наиболее рациональным является переход от исходного интервала носителя к 01-интервалу (путем линейного преобразования масштаба), выстраивание на 01-носителе стандартной симметричной пятиуровневой классификации и последующий перенос этой классификации на исходный носитель (обратное масштабирование путем линейного преобразования). Что такое невыраженный максимум – это такая же категория, как и «счастье», которое каждый склонен понимать по-своему.
8. Так или иначе, лингвистическая классификация доступна только опытным экспертам, хорошо понимающим природу объекта исследования и действующие в отношении этого объекта закономерности. Приемы, описанные в предыдущих пунктах изложения, являются вспомогательными. Они облегчают жизнь экспертам, но не являются правилом на все случаи жизни. И здесь, как и в случае оценки инвестиционной привлекательности

ценных бумаг, процесс лингвистической интерпретации количественных данных сродни искусству или, в крайнем случае, - мастерству.

1.3. Неопределенность завтрашнего дня и борьба с ней

Прогнозирование будущих параметров финансовой системы всегда основывается на стартовом наборе предпосылок, которые следует назвать экспертной моделью. Приведем пример такой экспертной модели, касающейся прогноза будущей выручки инвестиционного проекта:

«Жизненный цикл товара состоит из трех фаз. На первой фазе товар продается плохо, потому что он не раскручен, не воспринят потребителем. Затем потребитель, протестировав товар, находит его привлекательным, и постепенно продажи начинают расти. Так протекает вторая фаза жизненного цикла товара. Затем, по мере расширения зоны охвата, товар начинает надоедать потребителю, приедаться. У товара появляются конкуренты с аналогичными свойствами. Потребитель ищет что-нибудь новенькое, и темпы продаж начинают падать. Это – третья фаза. Здесь нужно принимать решение о прекращении продаж и о выводе на рынок аналогичного товара, но с новыми свойствами».

Качественный вид логистической кривой ожидаемых продаж нарастающим итогом, отвечающий вышеприведенному высказыванию, представлен на рис. 1.9 [7].

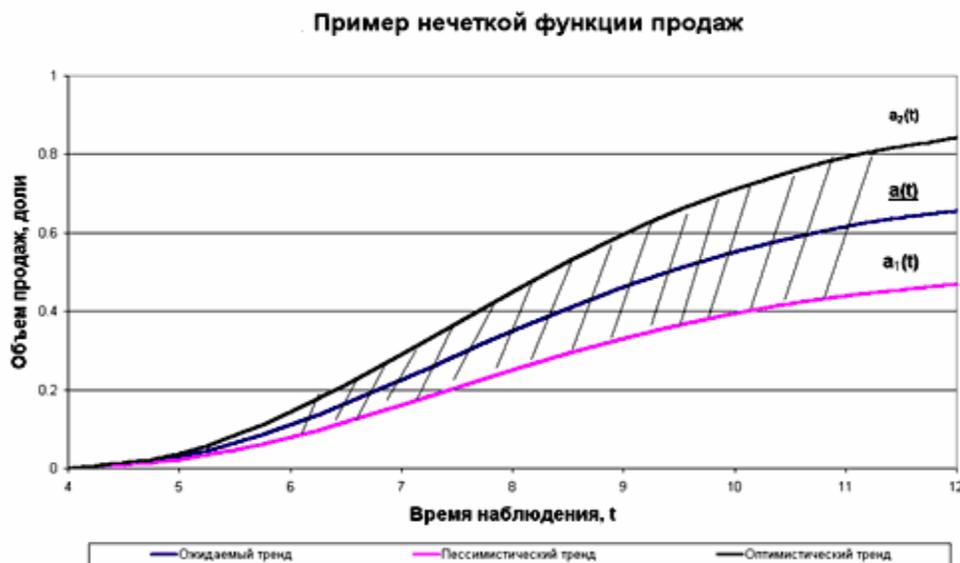


Рис. 1.9. Модель будущих продаж (нарастающим итогом)

Построенная логистическая кривая является нечеткой (в математическом смысле слова), потому что каждой точке на оси времени соответствует треугольное число вида рис. 1.10.

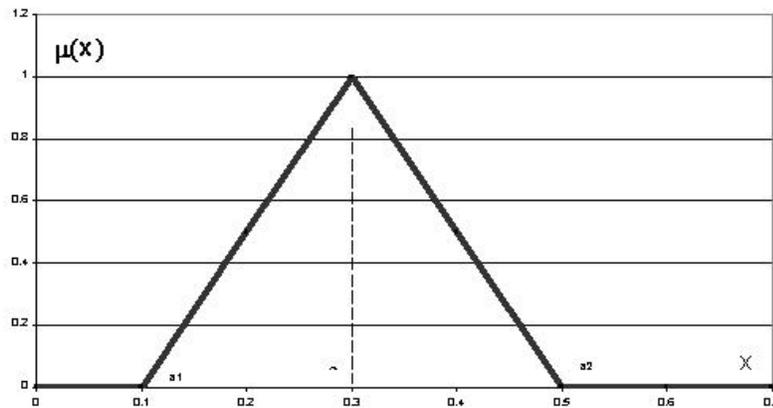


Рис. 1.10. Треугольное нечеткое число

Надо сказать несколько слов о вновь возникшем нечетко-множественном описании. Рассмотрим высказывание « X примерно равен a ». Ясно, что само число a со стопроцентной уверенностью входит в это нечеткое подмножество «примерного равенства a ». Но, по мере удаления в обе стороны от a , уверенность эксперта в принадлежности чисел оси данному нечеткому подмножеству убывает вплоть до нуля. Если нет дополнительных соображений, то такое падение уверенности совершается линейно, что и делает рассматриваемое число треугольным.

Поэтому, когда мы говорим о перспективных значениях параметров бизнес-системы, является естественным описывать эти будущие значения как интервалы или нечеткие числа. Аналогичным образом можно «фузифицировать» вероятностные описания, размывая параметры вероятностной модели и переходя к вероятностным распределениям с нечеткими параметрами (такие распределения характеризуют нечеткие случайные величины в смысле Пьюри-Ралески, подробнее об этом см. в [15]).

Таким образом, у нас уже есть модель для прогнозирования будущих продаж, и теперь необходимо уточнить параметры логистической кривой. Чтобы это сделать, необходимо ответить на два вопроса:

- На какой объем продаж нарастающим итогом мы должны ориентироваться по завершении жизненного цикла товара (асимптотический предел)? Ответ – интервальное значение «максимум-минимум», в валюте платежа.
- Когда в тенденции продаж наступит перелом (где точка перегиба логистической кривой)? Ответ – интервальное значение «максимум – минимум», в кварталах. На рисунке точка перегиба находится в районе 8-го квартала наблюдений.

В итоге, когда все параметры модели определены как интервальные оценки, мы для каждого момента прогнозного времени будем знать интервал, в котором

находятся ожидаемые продажи. Соответственно, мы можем построить бюджет продаж и переходить к оценке эффективности и риска соответствующего инвестиционного проекта. Таков самый общий путь формирования прогноза параметров бизнес-системы как нечеткой функции.

1.4. Моделирование бизнес-систем и вычисления с образцами [17]

На предыдущих примерах мы показали, какие существуют частные возможности для моделирования неопределенности в бизнес-системах. Разумеется, таких возможностей гораздо больше, и все здесь зависит от познавательной активности и искушенности исследователя. Посмотрим на процесс моделирования неопределенности в бизнес-системах с самой общей точки зрения, оставаясь в пределах нечетко-множественной парадигмы моделирования.

Описывая поведение объектов реального мира, мы всегда предполагаем наличие особенностей, позволяющих провести формализацию с должной степенью адекватности. Простая аналогия. Когда мы говорим

«Скорость велика», (1.9)

мы всегда соотносим лингвистическую оценку уровня скорости с фактическим ее уровнем по группе реальных объектов, поведение которых изучается. Ценность высказывания «Скорость велика» равна нулю до тех пор, пока мы не оговорим, чья именно скорость велика. Скорость автомобиля бывает велика, когда измеряется в пределах 100 – 150 км/час, однако это несопоставимо с «величием» скорости, которую мог бы развивать велосипедист (30-50 км/час) или космическая ракета (от 1000 км/час). Все три выделенные группы объектов (велосипеды, автомобили, ракеты) могут двигаться быстрее или медленнее, но понятие о качественном уровне скорости применительно к каждой группе объектов должно быть индивидуальным.

Аналогично дело обстоит со словесными высказываниями, описывающими характер динамики процессов. Медленный или быстрый рост (спад), кривизна этих тенденций и их периодичность, - все словесные оценки этих особенностей имеют смысл, когда они подкреплены дополнительными соображениями. Например, высказывание «*Примерно экспоненциальный спад*» говорит нам настолько о многом, что рука тянется к авторучке, чтобы прочертить кривую. У нас в голове уже есть эта кривая, ее образец. Мы не очень уверены в точной крутизне затухания, но то, что кривая будет *выпуклой* (вторая производная во всех точках меньше нуля), сомнений не вызывает. И мы можем нарисовать семейство таких кривых, руководствуясь словесной оценкой, *высокий* уровень крутизны спада или *низкий*. Но наша словесная оценка в любом случае должна опираться на то, какие именно процессы моделируются, на их объектную специфику.

Таким образом, необходимо рассматривать словесные описания процессов лишь как верхушку айсберга, как часть более общего, расширенного описания, в котором словесные описания выступают в роли инициального пред-образа, каркаса, абриса. Такое расширенное нечетко-множественное описание одной отдельной особенности моделируемого объекта я называю **образцом**.

Образец формируется инженером по знаниям (ИЗ) в ходе совместной работы с экспертом в ходе интервью. Первое, что необходимо – озаглавить образец, дав тем самым указание на объект и предмет научного исследования. Пример заголовка на каждый образец в структуре объектной модели:

А: УРОВЕНЬ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ (1.10)

По результатам формирования семантической модели предметной области, с выделением всех необходимых сущностей и связей между ними, ИЗ переходит к процессному описанию связи параметров. Но сначала он должен согласовать с экспертом нечеткую грануляцию уровней параметра при задании соответствующей лингвистической переменной. Например, в контроллере Мамдани заложена следующая нечеткая грануляция носителя лингвистической переменной **«Уровень комнатной температуры»** (рис. 1.5), базирующаяся на трапециевидных и треугольных нечетких числах. Соответствующее описание в структуре образца:

А: УРОВЕНЬ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
 A_1 – очень низкая: $m = (0, 0, 7, 11)$, $A_1 \in \mathbf{M}$;
 A_2 – низкая: $m = (7, 12, 12, 17)$, $A_2 \in \mathbf{M}$;
 A_3 – комфортная: $m = (13, 18, 18, 23)$, $A_3 \in \mathbf{M}$;
 A_4 – высокая: $m = (19, 24, 24, 29)$, $A_4 \in \mathbf{M}$;
 A_5 – очень высокая: $m = (26, 31, 40, 40)$, $A_5 \in \mathbf{M}$. (1.11)

В (1.11) координаты носителя в круглых скобках – это так называемые узловые точки трапециевидных нечетких чисел функций принадлежности, по образцу **М**:

М: ТРАПЕЦИЕВИДНЫЕ НЕЧЕТКИЕ ЧИСЛА
 абсциссы: $x \in \mathbf{Z}$;
 узловые точки: $m = (m_1, m_2, m_3, m_4) \in \mathbf{Z}$;
 ординаты: $\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m_1 \\ \frac{x - m_1}{m_2 - m_1}, & m_1 < x \leq m_2 \\ 1, & m_2 < x \leq m_3 \\ \frac{m_4 - x}{m_4 - m_3}, & m_3 < x \leq m_4 \\ 0, & x > m_4 \end{cases} \in \mathbf{E}$; (1.12)

Базовые образцы в (1.12): Z – вещественная ось, Z^+ – вещественная полуось положительных чисел, E – единичный интервал $[0,1] \in Z^+ \in Z$. Также при построении образца M неявно используется множество операций над вещественными числами, которое представляет собою образец Ψ .

И тогда образец A представляет собой **фрейм**, который может быть связан с другими образцами в **семантическую сеть** (в частности, с фреймом M).

Гранулирование носителя трапециевидными и/или треугольными (частный случай трапециевидных) нечеткими функциями принадлежности – это, вообще говоря, наиболее распространенная практика нечеткой классификации уровня отдельных параметров, имеющих физический смысл. Полученные грануляторы являются:

- конвенциональным описанием (предметом соглашения в пределах сообщества экспертов);
- переводом экспертной модели, принадлежащей эксперту и содержащейся преимущественно у него в голове, на общедоступный, удобный для моделирования язык;
- образцом. Если обозначить полученный гранулятор (1.11) за A , то базовое словесное высказывание типа

$$\text{Температура } \textit{очень низкая} \quad (1.13)$$

может быть расширено до формального описания – атомарного предиката, содержащего в своей структуре образец A :

$$\text{Т есть } A_I \in A. \quad (1.14)$$

Когда все необходимые грануляторы параметров модели построены, необходимо также построить образцы функциональных соотношений между нечетко описанными параметрами модели. Например, словесный формализм «*Примерно экспоненциальный спад температуры*» может быть расширен до образца:

В: ПРИМЕРНО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ СПАД ТЕМПЕРАТУРЫ

$$T(t) = T_0 \otimes \exp(-\lambda \otimes t) \oplus T_1, \{T_0, T_1\} \in A, \lambda \in A, t \in Z^+, \{\oplus, \otimes, -\} \in \Theta, \quad (1.15)$$

где t – скалярное время, A описывается (1.11), A – образец вида:

Λ: УРОВЕНЬ КРУТИЗНЫ СПАДА ЭКСПОНЕНТЫ

Λ_1 – очень низкий: $m = (\dots)$, $\Lambda_1 \in M$;

Λ_2 – низкий: $m = (\dots)$, $\Lambda_2 \in M$;

Λ_3 – средний: $m = (\dots)$, $\Lambda_3 \in M$;

Λ_4 – высокий: $m = (\dots)$, $\Lambda_4 \in M$;

Λ_5 – очень высокий: $m = (\dots)$, $\Lambda_5 \in M$; (1.16)

(...) – множество соответствующих узловых точек трапециевидных функций принадлежности образца \mathbf{M} . Также выделяем Θ - образец алгебры мягких вычислений Дюбуа-Прада [32], который неявно использует в своей структуре образец операций над действительными числами Ψ .

По построению, образец \mathbf{B} (1.15) – это нечеткая функция времени. Связь образцов-фреймов в семантическую сеть представлена на рис. 1.11, где дуги в графе отражают порядок наследования (преемственности) образцов в сети (вершина конца дуги наследуется от вершины начала дуги).

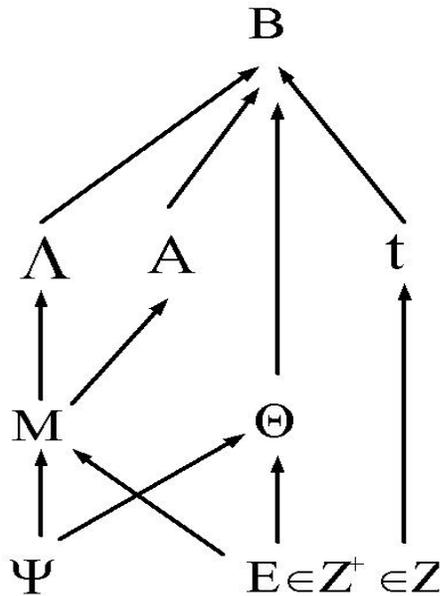


Рис. 1.11. Семантическая сеть образцов

Итак, мы продемонстрировали порядок генерации образцов и их увязывания в семантическую наследственную сеть. Теперь продемонстрируем возможности изложенного здесь подхода к решению неформально изложенных задач.

Пусть есть задача, имеющая первоначальное словесное описание:

Задача.

Ожидается, что инфляция в России постепенно идет на спад таким образом, что при сегодняшнем ее уровне в 13-15% годовых (2002 - 2003 годы), примерно через 10-15 лет инфляция стабилизируется на уровне 5-7% годовых.

Вопрос.

Что можно сказать об ожидаемом уровне инфляции в 2007 году?

Решение. Поскольку фактор инфляции претерпевает асимптотическое затухание на фиксированном горизонтальном уровне, то целесообразно в качестве образца воспользоваться образцом \mathbf{B} (1.15), заменив в нем нечеткую функцию

температуры $T(t)$ на нечеткую функцию инфляции $I(t)$, где нулевой отсчет t – это 2002 год. Тогда можно записать:

$$I(t) = I_0 \otimes \exp(-\lambda \otimes t) \oplus I_1, \{I_0, I_1\} \in \mathbf{A}, \lambda \in \mathbf{\Lambda}, t \in \mathbf{Z}^+, \{\oplus, \otimes, -\} \in \mathbf{\Theta}, \quad (1.17)$$

$$I(10) \approx I(15) = I_1 = (5, 6, 7), I(0) \approx I(2) = I_0 \oplus I_1 = (13, 14, 15). \quad (1.18)$$

Соответственно, $I_0 = (8, 8, 8) = 8$. Для завершения идентификации модели необходимо определиться в части λ . Если слово «*постепенно*» трактовать как эквивалент термина «средний уровень крутизны спада экспоненты», тогда задача в том, чтобы произвести нечеткое гранулирование $\mathbf{\Lambda}$ с выделением Λ_3 согласно (1.16).

Носитель λ , как видно из рис. 1.12, является интервалом $[0.1, 2]$. При $\lambda = 0.1$ затухание только начинается на расчетном интервале, а при $\lambda = 2$ затухание чрезмерно интенсивно.

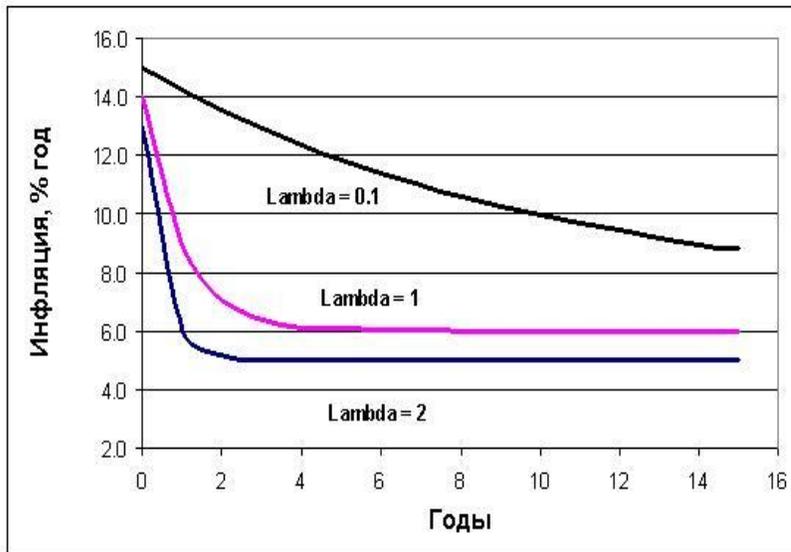


Рис. 1.12. Предельные варианты затухания инфляции

Результат гранулирования (с привлечением постановщика задачи, который раскрывает нам, что он понимает под словом «постепенно»):

$\mathbf{\Lambda}$: УРОВЕНЬ КРУТИЗНЫ СПАДА ЭКСПОНЕНТЫ

Λ_1 – очень низкий: $m = (0.1, 0.1, 0.15, 0.2)$, $\Lambda_1 \in \mathbf{M}$;

Λ_2 – низкий: $m = (0.15, 0.2, 0.2, 0.3)$, $\Lambda_2 \in \mathbf{M}$; (рис. 1.13)

Λ_3 – средний: $m = (0.2, 0.3, 0.3, 0.4)$, $\Lambda_3 \in \mathbf{M}$;

Λ_4 – высокий: $m = (0.3, 0.4, 0.4, 1)$, $\Lambda_4 \in \mathbf{M}$;

Λ_5 – очень высокий: $m = (0.4, 1, 2, 2)$, $\Lambda_5 \in \mathbf{M}$; (1.19)

Таким образом, модель полностью идентифицирована:

$$I(t) = 8 \exp(-(0.2, 0.3, 0.4) \otimes t) \oplus (5, 6, 7). \quad (1.20)$$

Подстановка $t=5$ (2007 год) в (1.20) дает:

$$I(5) = 8 \exp(- (1, 1.5, 2)) \oplus (5, 6, 7) = (6.1, 7.8, 9.9) \% \text{ год.} - \quad (1.21)$$

число, близкое к треугольному. Поставленная задача, таким образом, решена.

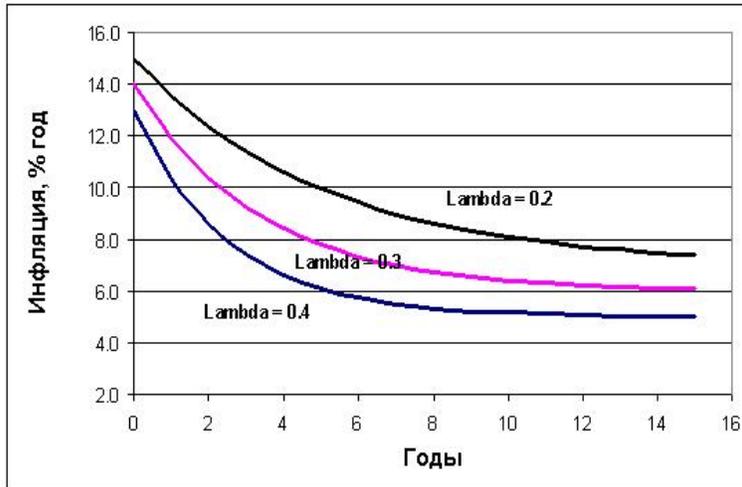


Рис. 1.13. «Постепенное» затухание инфляции

1.5. Выводы по главе 1

Бессмысленно обсуждать и оценивать риск бизнеса, пока не построена модель этого бизнеса с учетом информационной неопределенности. Недостаточно сказать «неблагоприятное развитие бизнес-процесса», нужно построить соответствующий образец. В структуре этого образца должны быть заложены все возможные траектории процесса (например, при помощи формализма нечеткой функции). И тогда оценка риска неблагоприятного развития событий – это, в каком-то смысле, уже чисто техническое занятие, основанное на мягких вычислениях.

Здесь, в первой главе книги, изложены основные приемы моделирования бизнес-систем, функционирующих в условиях неопределенности. Разумеется, таких приемов может быть много. Но магистральная идея – создание модели как семантической сети образцов – покрывает все возможные способы моделирования. И теперь, когда определен навык моделирования получен, можно приступить к решению задач оценки риска в конкретных экономических приложениях.

2. Оценка риска банкротства корпорации

2.1. Введение в проблему

Как известно, банкротство корпорации может наступать в результате целого ряда взаимосвязанных между собой причин. Все эти причины можно сгруппировать в три больших класса:

- **причины из внешнего окружения корпорации**, куда относим политические, внешнеэкономические, технологические и социальные причины. Все перечисленное подлежит специальному PETS-анализу (P – political, E – economical, T – technological, S – social);
- **рыночные причины** – к ним относятся: слабая позиция корпорации на рынке сбыта продукции, высокий уровень конкуренции, неустойчивость и узость занятой рыночной ниши и другие;
- **внутриэкономические причины**, в число которых входят затратность, ресурсоемкость, неэкологичность производства, морально устаревшие технологии, изношенность основных фондов, неоптимизированное налогообложение, низкая производительность труда и другие;
- **финансовые причины** - неудовлетворительный уровень дебиторской (кредиторской) задолженности и низкое качество ее обслуживания, дефицит оборотных средств, неудовлетворительный уровень ликвидности, недостаточная автономия - и другие причины, приводящие к нарастанию убытков, штрафных санкций и других отрицательных финансовых результатов;
- **управленческие причины**, в число которых входят низкий уровень управленческой культуры топ-менеджмента и финансистов корпорации, отсутствие эффективного управленческого учета финансовых операций, ненадлежащее управление финансами, неэффективная рекламная и маркетинговая деятельность соответствующих служб – и другие причины, в итоге получающие свое негативное отображение на уровне всех сфер бизнес-активности корпорации;

Связь между группами причин очевидна. Сильный конкурент может действовать против тебя как экономическими, так и политическими методами. Фигурально выражаясь, он может пойти на ценовой демпинг, а может натравить на тебя налоговую полицию. В первом случае вполне вероятен резкий спад продаж, во втором – штрафные санкции; но в обоих случаях это оборачивается убытками и дефицитом оборотных средств. Так что финансы предприятия представляют собой как бы зеркало происходящего в корпорации и вокруг нее.

В то же время оценивать риск банкротства корпорации только по состоянию ее финансов – недальновидно. Когда проблемы корпорации начинают отображаться на уровне денег, часто бывает уже поздно что-либо исправлять, и

банкротство неизбежно. Просто финансы традиционно являются самыми наблюдаемыми артефактами корпорации, потому что имеют стандартное количественное выражение в учетных записях и отчетных формах. Все прочие аспекты деятельности корпорации (если, конечно, речь не идет об измерении материальных потоков в натуральном выражении) количественному измерению могут не подлежать вовсе. И тогда приходится при оценивании этих слабо измеримых факторов прибегать к искусственным приемам. Характерным примером служит подход Аргенти (цитируется по [4, с. 50]), где каждому фактору банкротства корпорации сопоставляется количественная балльная шкала (табл. 2.1). Результат оценки риска банкротства – состояние так называемого А-счета; чем больше счет, тем выше риск.

Если, в духе Аргенти, выделить фактор «*Автократичность директора*» и поставить предельный балл 8, то следует предложить аналитику методику, по которой он должен назначить директору балл от 0 до 8, а это совсем непростое дело – можно даже сказать, дело сугубо личное. Проблема в том, что понятие степени автократичности – сугубо качественное, а Аргенти предлагает измерять автократичность количественно, что не очень-то вяжется одно с другим. Как интерпретировать, например, балл 5? Для этого даже не сразу найдешь лингвистическую оценку. Другое дело, если сразу применять нечетко выраженные степени, например «Очень Низкая, Низкая, Средняя, Высокая, Очень Высокая». Тогда от аналитика не требуется количественной точности, а требуется как раз субъективная оценка на естественном языке. А уж сопоставить лингвистическое описание и количественную (например, балльную) шкалу носителя – дело для теории нечеткого гранулирования вполне обычное.

И тут мы приоткрываем завесу над нашим замыслом комплексной оценки риска банкротства корпорации, **основанной только на качественных шкалах и отношениях предпочтения между факторами** в структуре иерархии этих факторов. При этом и саму иерархию, и отношения порядка мы настраиваем в модели риска банкротства корпорации совершенно индивидуально, на свое усмотрение. И в этом смысле мы совершенно свободны от ограничений известных методов для оценки риска банкротства предприятия.

Первый шаг в этом направлении был сделан в работах [4, 5, 8], где комплексный финансовый анализ предприятия проводился на основе качественных уровней отдельных факторов финансового состояния. При этом сами финансовые показатели представляли собой набор неупорядоченных факторов одного уровня иерархии. Предлагалось назначить веса показателям или упорядочить их по убыванию значимости для оценки риска банкротства. Тогда итоговый показатель риска банкротства представлял собой двумерную матричную свертку: с одной стороны, по отдельным показателям, с другой стороны, по качественным уровням этих показателей.

Таблица 2.1. Шкалы Аргенти

Индикаторы	Ваш балл	Балл согласно Аргенти
<u>Недостатки</u>		
Директор-автократ		8
Председатель совета директоров является также директором		4
Пассивность совета директоров		2
Внутренние противоречия в совете директоров (из-за различия в знаниях и навыках)		2
Слабый финансовый директор		2
Недостаток профессиональных менеджеров среднего и нижнего звена (вне совета директоров)		1
Недостатки системы учета:		3
Отсутствие бюджетного контроля		
Отсутствие прогноза денежных потоков		3
Отсутствие системы управленческого учета затрат		3
Вялая реакция на изменения (появление новых продуктов, технологий, рынков, методов организации труда и т.д.)		15
Максимально возможная сумма баллов		43
“Проходной балл”		10
<i>Если сумма больше 10, недостатки в управлении могут привести к серьезным ошибкам</i>		
<u>Ошибки</u>		
Слишком высокая доля заемного капитала		15
Недостаток оборотных средств из-за слишком быстрого роста бизнеса		15
Наличие крупного проекта (провал такого проекта подвергает фирму серьезной опасности)		15
Максимально возможная сумма баллов		45
“Проходной балл”		15
<i>Если сумма баллов на этой стадии больше или равна 25, компания подвергается определенному риску</i>		
<u>Симптомы</u>		
Ухудшение финансовых показателей		4
Использование “творческого бухучета”		4
Нефинансовые признаки неблагополучия (ухудшение качества, падение “боевого духа” сотрудников, снижение доли рынка)		4
Окончательные симптомы кризиса (судебные иски, скандалы, отставки)		3
Максимально возможная сумма баллов		12
Максимально возможный А-счет		100
“Проходной балл”		25
Большинство успешных компаний		5-18
Компании, испытывающие серьезные затруднения		35-70
<i>Если сумма баллов более 25, компания может обанкротиться в течение ближайших пяти лет.</i>		
<i>Чем больше А-счет, тем скорее это может произойти.</i>		

Теперь мы будем строить показатель риска банкротства корпорации на основе агрегирования данных со всех уровней иерархии факторов, на основе качественных данных об уровнях факторов и их отношениях порядка на одном уровне иерархии. Изложить схему такого агрегирования – цель настоящей работы.

2.2. Модель риска банкротства корпорации

Пусть имеется математическая модель риска банкротства корпорации, далее именуемая BR-моделью (BRM - Bankruptcy Risk Model):

$$BRM = \langle G, L, \Phi \rangle, \quad (2.1)$$

где G - древовидная иерархия факторов банкротства, L – набор качественных оценок уровней каждого фактора в иерархии \mathcal{N} , Φ – система отношений предпочтения одних факторов другим для одного уровня иерархии факторов. При этом:

$$L = \{\text{Очень Низкий уровень (ОН), Низкий уровень (Н), Средний уровень (С), Высокий уровень (В), Очень Высокий уровень (ОВ)}\}, \quad (2.2)$$

$$\Phi = \{F_i (\varphi) F_j \mid \varphi \in (\succ, \approx)\}, \quad (2.3)$$

где \succ - отношение предпочтения, \approx - отношение безразличия.

В свою очередь, древовидная иерархия G может быть описана ориентированным графом без циклов, петель, горизонтальных ребер в пределах одного уровня ранжирования, содержащим одну корневую вершину:

$$G = \langle \{F_i\}, \{V_{ij}\} \rangle, \quad (2.4)$$

где $\{F_i\}$ - множество вершин факторов, $\{V_{ij}\}$ – множество дуг, F_0 – корневая вершина, отвечающая риск-фактору корпорации в целом. При этом в древовидном графе дуги расположены так: началу дуги соответствует вершина нижнего уровня иерархии (ранга), а концу дуги – вершина ранга, на единицу меньшего (рис. 2.1).

Простейший пример, соответствующий иерархии вида рис.2.1

$G = \langle$
 $\{F_0$ – корпорация в целом;
 F_1 – внутренняя экономика;
 F_2 – финансы;
 $F_{1.1}$ – уровень производительности труда;
 $F_{1.2}$ – уровень изношенности внеоборотных активов;

$F_{2.1}$ – уровень финансовой автономии;

$F_{2.2}$ – уровень ликвидности;

$F_{2.3}$ – уровень прибыльности и рентабельности};

{связь вершин в графе отображается нумерацией вершин, в соответствии с занимаемым вершиной уровнем иерархии}>.

(2.5)

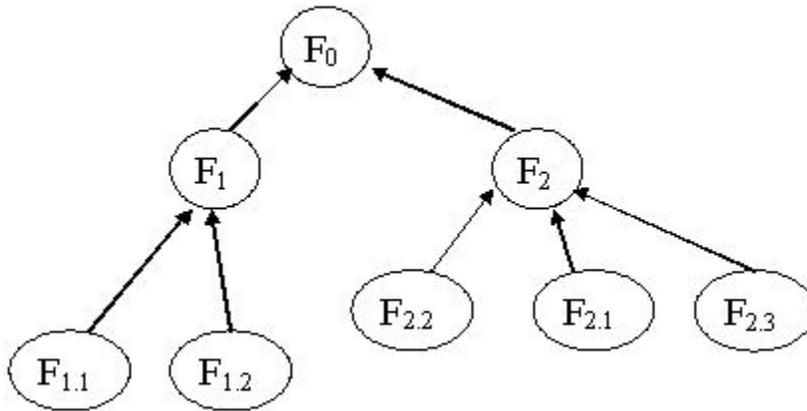


Рис. 2.1. Древовидная иерархия F

Разумеется, пример (2.5) можно сколько угодно расширять, добавляя к графу F новые узлы и дуги (это и будет сделано в конце главы). Необходимо еще наложить на эту иерархию систему отношений предпочтений Φ (рис. 2.2)

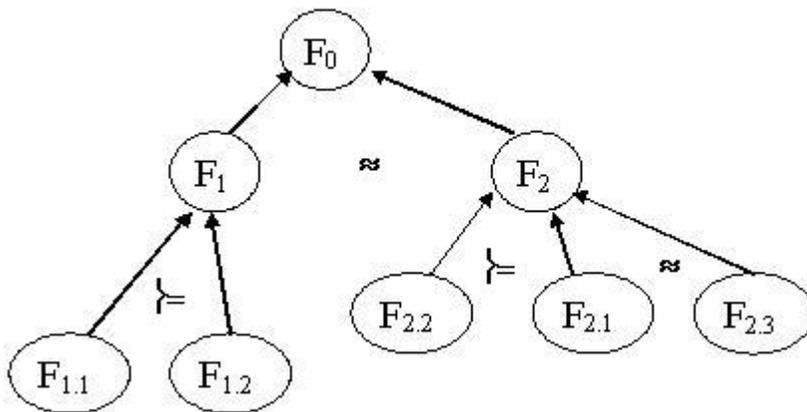


Рис. 2.2. Иерархия F с наложенной на нее системой Φ

Рис. 2.2 соответствует система отношений Φ :

$$\Phi = \{F_1 \approx F_2; F_{1.1} \wr F_{1.2}; F_{2.2} \wr F_{2.1} \approx F_{2.3}\}. \quad (2.6)$$

2.3. Метод оценки риска банкротства

Чтобы произвести оценку риска банкротства количественно и качественно, необходимо произвести агрегирование данных, собранных в рамках древовидной иерархии; при этом агрегирование совершается по направлению дуг графа иерархии.

Для агрегирования можно использовать матричную схему, описанную в [4, 5, 8], с той лишь разницей, что агрегированию будет подлежать не отдельное значение выбранной функции принадлежности в структуре лингвистической переменной «Уровень фактора», а вся функция принадлежности целиком. В этом случае для агрегирования применяется ОWA-оператор Ягера [39], причем весами в свертке выступают коэффициенты Фишберна (OWA - Ordered Weighted Averaging – осреднение с упорядоченными весами).

Раскроем сказанное выше. Сформируем лингвистическую переменную «Уровень фактора» с терм-множеством значений L вида (2.2). Тогда в качестве семейства функций принадлежности может выступать стандартный пятиуровневый 01-классификатор, где функции принадлежности – трапециевидные треугольные числа (рис. 2.3):

$$\text{ОН: } \mu_1(x) = \begin{cases} 1, 0 \leq x < 0.15 \\ 10(0.25 - x), 0.15 \leq x < 0.25 \\ 0, 0.25 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (2.7.1)$$

$$\text{Н: } \mu_2(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x < 0.15 \\ 10(x - 0.25), 0.15 \leq x < 0.25 \\ 1, 0.25 \leq x < 0.35 \\ 10(0.45 - x), 0.35 \leq x < 0.45 \\ 0, 0.45 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (2.7.2)$$

$$\text{С: } \mu_3(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x < 0.35 \\ 10(x - 0.35), 0.35 \leq x < 0.45 \\ 1, 0.45 \leq x < 0.55 \\ 10(0.65 - x), 0.55 \leq x < 0.65 \\ 0, 0.65 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (2.7.3)$$

$$B: \mu_4(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.55 \\ 10(x - 0.55), & 0.55 \leq x < 0.65 \\ 1, & 0.65 \leq x < 0.75 \\ 10(0.85 - x), & 0.75 \leq x < 0.85 \\ 0, & 0.85 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (2.7.4)$$

$$OB: \mu_5(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.75 \\ 10(x - 0.75), & 0.75 \leq x < 0.85 \\ 1, & 0.85 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (2.7.5)$$

Везде в (7) x – это 01–носитель (отрезок $[0,1]$ вещественной оси). Мы уже рассматривали этот классификатор в первой главе книги, а здесь мы впервые приводим его аналитическую запись. Нелишним будет повторить, что построенный классификатор представляет собой разновидность серой шкалы Поспелова.

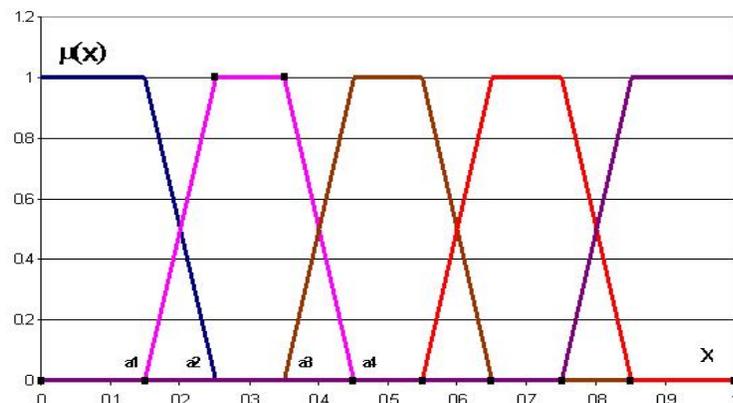


Рис. 2.3. Система трапецевидных функций принадлежности на 01-носителе

Стандартный классификатор осуществляет проекцию нечеткого лингвистического описания на 01-носитель, при этом делает это непротиворечивым способом, симметрично располагая узлы классификации (0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9). В этих узлах значение соответствующей функции принадлежности равно единице, а всех остальных функций – нулю. Неуверенность эксперта в классификации убывает (возрастает) линейно удалением от узла (с приближением к узлу, соответственно); при этом сумма функций принадлежности во всех точках носителя равна единице.

Из всего сказанного следует, что мы переходим от качественного описания уровня параметра к стандартному количественному виду соответствующей функции принадлежности (трапецевидное число). Такое представление в модели представляется нам наиболее оптимальным. Аналогичный классификатор, конечно, можно было бы построить и на гладких функциях принадлежности

колоколообразного вида, но данное усложнение представляется нам нецелесообразным.

Теперь рассмотрим порядок построения схемы весов Фишберна для отдельных факторов. Как хорошо известно [27, 29], системе убывающего предпочтения N альтернатив наилучшим образом отвечает система снижающихся по правилу арифметической прогрессии весов

$$p_i = \frac{2(N-i+1)}{(N+1)N}, i = 1..N, \quad (2.8)$$

а системе безразличных друг другу N альтернатив – набор равных весов

$$p_i = N^{-1}, i = 1..N. \quad (2.9)$$

Из (2.8) видно, что веса Фишберна – это рациональные дроби, в знаменателе которых стоит сумма арифметической прогрессии N членов первых членов натурального ряда с шагом 1, а в числителе – убывающие на 1 элементы натурального ряда, от N до 1 (например, $3/6, 2/6, 1/6$, в сумме единица). То есть предпочтение по Фишберну выражается в убывании на единицу числителя рациональной дроби весового коэффициента более слабой альтернативы.

Чтобы определить набор весов Фишберна для смешанной системы предпочтений, когда, наряду с предпочтениями, в систему входят отношения безразличия, необходимо определять числители r_i рациональных дробей по рекурсивной схеме:

$$r_{i-1} = \begin{cases} r_i, F_{i-1} \approx F_i \\ r_i + 1, F_{i-1} \succ F_i \end{cases}, r_N = 1, i = N..2. \quad (2.10)$$

Тогда сумма полученных числителей и есть общий знаменатель дробей Фишберна:

$$K = \sum_{i=1}^N r_i, \quad (2.11)$$

и

$$p_i = r_i / K. \quad (2.12)$$

Можно легко убедиться, что от соотношений (2.10) – (2.12) можно легко перейти к частным случаям (2.8) и (2.9). Действительно, если в систему входят только отношения предпочтения, то выполняется,

$$r_N = 1, r_{i-1} = r_i + 1, K = 1 + 2 + \dots + N = N(N+1)/2, \quad (2.13)$$

что одновременно соответствует (2.8) и (2.12). В другом случае, если в систему входят только отношения безразличия, то

$$r_N = 1, r_{i-1} = r_i, K = 1 + 1 + \dots + 1 = N, \quad (2.14)$$

что одновременно соответствует (2.9) и (2.12).

Таким образом, предложенная здесь система весов Фишберна для смешанных систем предпочтений является непротиворечивой и обобщает частные случаи известных систем (2.8) и (2.9). Для иллюстрации в таблицу 2.2 сведены дроби Фишберна для всех смешанных систем отношений предпочтения при $N=2\dots 4$.

Таблица 2.2. Система весов Фишберна (N=2..4)

N	Φ	p ₁	p ₂	p ₃	p ₄
2	F ₁ ≈ F ₂	1/2	1/2	-	-
	F ₁ } F ₂	2/3	1/3	-	-
3	F ₁ ≈ F ₂ ≈ F ₃	1/3	1/3	1/3	-
	F ₁ } F ₂ ≈ F ₃	2/4	1/4	1/4	-
	F ₁ ≈ F ₂ } F ₃	2/5	2/5	1/5	-
	F ₁ } F ₂ } F ₃	3/6	2/6	1/6	-
4	F ₁ ≈ F ₂ ≈ F ₃ ≈ F ₄	1/4	1/4	1/4	1/4
	F ₁ } F ₂ ≈ F ₃ ≈ F ₄	2/5	1/5	1/5	1/5
	F ₁ ≈ F ₂ } F ₃ ≈ F ₄	2/6	2/6	1/6	1/6
	F ₁ ≈ F ₂ ≈ F ₃ } F ₄	2/7	2/7	2/7	1/7
	F ₁ } F ₂ } F ₃ ≈ F ₄	3/7	2/7	1/7	1/7
	F ₁ } F ₂ ≈ F ₃ } F ₄	3/8	2/8	2/8	1/8
	F ₁ ≈ F ₂ } F ₃ } F ₄	3/9	3/9	2/9	1/9
	F ₁ } F ₂ } F ₃ } F ₄	4/10	3/10	2/10	1/10

Всего вариантов систем предпочтений 2^{N-1} для каждого числа N сопоставляемых альтернатив.

И наконец, когда по каждому показателю (F_{*.1}... F_{*.N}) на выбранном подуровне (*) иерархии G вида (4) известны лингвистические оценки L = (L_{*.1} ... L_{*.N}), а также определена система весов Фишберна P = (p_{*.1} ... p_{*.N}) на основе системы предпочтений Φ вида (2.3), тогда показатель подуровня F* характеризуется своей лингвистической оценкой, определяемой функцией принадлежности на 01-носителе x:

$$\mu_*(x) = \sum_{i=1}^N \mu_{*i}(x) \times p_i, \quad (2.15)$$

где

$$\mu_{*i}(x) = \begin{cases} (2.7.1), \text{ если } L_{*i} = \text{"очень низкий"} \\ (2.7.2), \text{ если } L_{*i} = \text{"низкий"} \\ (2.7.3), \text{ если } L_{*i} = \text{"средний"} \\ (2.7.4), \text{ если } L_{*i} = \text{"высокий"} \\ (2.7.5), \text{ если } L_{*i} = \text{"очень высокий"} \end{cases} \quad (2.16)$$

Соотношение (2.15) – это OWA-оператор Ягера, причем, поскольку функции принадлежности (2.16) имеют трапецевидную форму, то и линейная суперпозиция (2.15) является трапецевидным нечетким числом (что легко доказывается при использовании сегментного правила вычислений [35]). И можно свести операции с функциями принадлежности к операциям с их вершинами. Если обозначить трапецевидное число (2.16) как (a_1, a_2, a_3, a_4) , где a_i соответствуют абсциссам вершин трапеции, то выполняется:

$$\sum_{i=1}^N p_i \times (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, a_{i4}) = \left(\sum_{i=1}^N p_i \times a_{i1}, \sum_{i=1}^N p_i \times a_{i2}, \sum_{i=1}^N p_i \times a_{i3}, \sum_{i=1}^N p_i \times a_{i4} \right). \quad (2.17)$$

Полученную функцию вида (2.15) необходимо лингвистически распознать, чтобы выработать суждение о качественном уровне показателя F_* . Для этого необходимо соотнести полученную функцию $\mu_*(x)$ и функции $\mu_i(x)$ вида (2.7). Если

$$(\forall x \in [0,1]) \sup \min (\mu_*(x), \mu_i(x)) = 0, \quad (2.18)$$

то уровень показателя F_* однозначно **не распознается** как уровень, которому отвечает i -ая «эталонная» функция принадлежности. Стопроцентное распознавание наступает, если выполняется

$$(\forall x \in [0,1]) \min (\mu_*(x), \mu_i(x)) = \mu_i(x). \quad (2.19)$$

Во всех промежуточных случаях необходимо задаться мерой распознавания уровня. Такой мерой может быть разновидность нормы Хемминга ν [24]. Пусть даны два трапецевидных числа (a_1, a_2, a_3, a_4) и (b_1, b_2, b_3, b_4) на $[0,1]$ -носителе. Тогда степень сходства ν двух таких чисел может быть определена как

$$0 \leq \nu = 1 - \max \{|a_1-b_1|, |a_2-b_2|, |a_3-b_3|, |a_4-b_4|\} \leq 1. \quad (2.20)$$

Мы провели агрегирование показателей низового уровня иерархии G и распознавание агрегированного фактора по шкале L вида (2.2). Пройдя последовательно снизу вверх по всем уровням иерархии G и применяя соотношения (2.15) – (2.20), мы в итоге получаем функцию принадлежности фактора F_0 и лингвистическую интерпретацию уровня этого фактора, сопровождаемую степенью сходства вида (2.20).

Сам же риск банкротства и его лингвистическая оценка напрямую вытекает из предыдущего изложения. Если сопоставить лингвистические переменные «Уровень фактора F_0 » и «Степень риска банкротства предприятия», то можно установить взаимно однозначное соответствие вида табл. 2.3 [4]:

Таблица 2.3. Соответствие лингвистических переменных

№ терм-множества	Уровень фактора F_0	Степень риска банкротства предприятия
1	ОН	Запредельная (очень высокая)
2	Н	Опасная (высокая)
3	С	Пограничная (средняя)
4	В	Приемлемая (низкая)
5	СВ	Незначительная (очень низкая)

При этом лингвистическая переменная «Степень риска банкротства предприятия» также может быть описана стандартным пятиуровневым 01-классификатором вида рис. 2.3, как и лингвистическая переменная «Уровень фактора».

Итак, изложение метода оценки риска банкротства предприятия завершено. Рассмотрим расчетный пример.

2.4. Расчетный пример 1

Пусть предприятие оценивается на риск банкротства по двум блокам факторов: F_1 «Финансы» и F_2 «Управление» (табл. 2.4). При этом существует следующая система отношения предпочтений факторов:

$$\begin{aligned}
 &F_1 \approx F_2; \\
 &F_{1.1} \} F_{1.2} \approx F_{1.3} \approx F_{1.4}; \\
 &F_{1.1.1} \approx F_{1.1.2} \} F_{1.1.3}; \\
 &F_{2.1} \} F_{2.2} \} F_{2.3} \approx F_{2.4}
 \end{aligned} \tag{2.21}$$

Определить степень риска банкротства предприятия.

Таблица 4. Факторы и их уровни («*» – предстоит определить)

Шифр фактора	Наименование фактора	Уровень фактора
F₀	Состояние предприятия	*
F₁	Уровень финансов предприятия	*
F _{1.1}	Уровень ликвидности	*
F _{1.1.1}	Уровень мгновенной ликвидности	Очень низкий
F _{1.1.2}	Уровень обеспеченности оборотного капитала собственными средствами	Средний
F _{1.1.3}	Уровень промежуточной ликвидности	Низкий
F _{1.2}	Уровень финансовой автономии	Высокий
F _{1.3}	Уровень рентабельности	Средний
F _{1.4}	Уровень оборачиваемости активов	Средний
F₂	Уровень управления предприятием	*
F _{2.1}	Уровень топ-менеджмента	Средний
F _{2.2}	Уровень финансового менеджмента	Высокий
F _{2.3}	Уровень подразделений маркетинга и рекламы	Низкий
F _{2.4}	Уровень развития дистрибьюторской сети и филиалов	Высокий

Решение. Результаты расчетов по формулам предыдущего параграфа книги приведены в табл. 2.5 (в скобках рядом с уровнем фактора стоит степень сходства с эталонной функцией распределения). Видно, что, несмотря на низкий уровень ликвидности, состояние предприятия распознается как **среднее** (прочие факторы в оценке финансового состояния «перетягивают» финансы к средней оценке). Но, так или иначе, появление в результатах низких оценок должно склонять менеджмент предприятия к определенным выводам (иначе зачем вообще анализ).

Таблица 2.5. Результаты расчетов

Шифр фактора	Наименование фактора	Уровень фактора	Соответствующие вершины классификации уровня (трапециевидные числа)			
F₀	Состояние предприятия	средний (0.99)	0.36	0.45	0.56	0.66
F ₁	Уровень финансов предприятия	средний (0.95)	0.32	0.40	0.51	0.61
F _{1.1}	Уровень ликвидности	низкий (0.98)	0.17	0.23	0.35	0.45
F ₂	Уровень управления предприятием	средний (0.94)	0.41	0.51	0.61	0.71

Соответственно, степень риска банкротства предприятия оценивается как **пограничная** (табл. 2.3).

2.5. Совместный учет количественных и качественных признаков в комплексной оценке

Иногда предприятия располагают количественной оценкой факторов, подлежащих анализу (таковы, например, все факторы в финансовом блоке). Поэтому встает задача совместного учета количественных и качественных признаков в комплексной оценке состояния предприятия. Простейшим способом такого учета является **загрубление** полученных количественных оценок до качественного их описания, с переходом к изложенной выше модели.

Для того чтобы на основе количественной оценки получить качественное описание ее уровня, необходимо выработать экспертное заключение на основе дополнительной информации. В наиболее перспективном виде такая информация содержится в **гистограммах** распределения факторов. Обычно эта гистограмма строится на основе квазистатистики [4], потому что не выполняется условие статистической однородности выборки (данные взяты за ряд лет, у предприятий, находящихся в различных рыночных условиях, принадлежащих различным отраслям и т.п.). И поэтому не приходится говорить об интерпретации гистограммы плотностью классического вероятностного распределения.

Но некоторые качественные соображения о форме гистограммы (например, унимодальность), а также дополнительные соображения (например, «Отрицательный чистый оборотный капитал - это всегда плохо») позволяют произвести классификацию носителя, на котором определена выборка данных и которому, в частности, принадлежит требующая лингвистической классификации оценка параметра.

Существует большое количество способов гранулирования носителя (выделения ряда нечетких классов), в том числе с помощью генетических алгоритмов [30]. Качество построенного таким образом классификатора существенно зависит от квалификации эксперта, потому что вполне формализованных методов перехода от набора гистограмм к классификатору не существует. Очень многое в этом смысле является предметом эвристики и интуиции. Некоторые простейшие приемы такого перехода изложены в главе 1 и проиллюстрированы на примере.

2.6. Анализ на основе только количественных оценок

Пусть все факторы модели являются **количественно измеримыми**. Это возможно даже в случае работы с качественными признаками, если, в духе Аргенти, сопоставить этим признакам количественные бальные шкалы. Проведем

по всем количественным носителям исходных данных модели лингвистическое распознавание и построим соответствующие пятиуровневые классификаторы. Тогда любой количественной оценке фактора будет сопоставлен вектор из пяти значений соответствующих функций принадлежности классификатора:

$$Z^*(a) = \{\mu_{*.1}(a), \mu_{*.2}(a), \mu_{*.3}(a), \mu_{*.4}(a), \mu_{*.5}(a)\}, \quad (2.22)$$

где a – количественное значение фактора, подлежащего распознаванию, а $\mu_{*.i}(a)$ определяется по (2.7) и (2.16). Сумма всех компонент вектора $Z^*(a)$ равна единице (непротиворечивость серой шкалы в смысле Поспелова), при этом от трех до четырех значений вектора – нули (уровень принадлежит максимуму двум качественным описаниям со своими степенями принадлежности, сумма которых равна единице).

Произведем свертку всех векторов $Z^*(x^*)$ в иерархии G с весами P по формуле:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N p_i \times \{\mu_{i.1}, \mu_{i.2}, \mu_{i.3}, \mu_{i.4}, \mu_{i.5}\} = \\ = \left\{ \sum_{i=1}^N p_i \times \mu_{i.1}, \sum_{i=1}^N p_i \times \mu_{i.2}, \sum_{i=1}^N p_i \times \mu_{i.3}, \sum_{i=1}^N p_i \times \mu_{i.4}, \sum_{i=1}^N p_i \times \mu_{i.5} \right\} \end{aligned} \quad (2.23)$$

Тогда результирующий показатель состояния корпорации – это тоже вектор из пяти значений функций принадлежности $Z_0 = \{\mu_{0i}\}$, сумма которых равна единице. Можно определить скалярный фактор, характеризующий состояние предприятия, по правилу из [4]:

$$A_N = \sum_{i=1}^5 (0.2i - 0.1) \times \mu_{0i}, \quad (2.24)$$

где $(0.2i - 1) = (0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9)$ – узловые точки стандартного пятиуровневого нечеткого классификатора. Теперь следует распознать значение A_N на основе стандартного пятиуровневого классификатора и получить лингвистическую оценку состояния корпорации и сопряженную с ней оценку уровня риска банкротства.

Изложение метода закончено. Рассмотрим простейший расчетный пример.

2.7. Расчетный пример 2

Посмотрим на состояние корпорации только с точки зрения финансов. Выделим 6 факторов $F_1 - F_6$ и текущие оценки этих факторов $a_1 \dots a_6$ распознаем по лингвистической шкале (все это сделано уже нами в [4, 5, 8]). Результат распознавания сведен в таблицу 2.6.

Таблица 6. Результаты распознавания количественных входных данных

Фактор F	Функции принадлежности μ				
	$\mu_1(a_1)$	$\mu_2(a_2)$	$\mu_3(a_3)$	$\mu_4(a_4)$	$\mu_5(a_5)$
F ₁	0	0	0	0.81	0.19
F ₂	0	0	1	0	0
F ₃	0	1	0	0	0
F ₄	0	0	1	0	0
F ₅	0	0	0	0	1
F ₆	0	0	0	1	0

Все факторы для комплексного состояния корпорации признаются равнозначными, т.е. веса показателей в свертке равны 0.166. Определить количественно и качественно комплексное состояние предприятия и риск банкротства.

Решение.

Однократная свертка (2.23) дает нам вектор $Z_0 = \{0, 0.167, 0.333, 0.302, 0.198\}$. Видно, что результат группируется вокруг средних и высоких значений фактора. Из (2.24) получаем $A_N = 0.606$, что, в соответствии с (2.7), дает нам распознавание:

- средний уровень $F_0 = 0.43$, высокий уровень $F_0 = 0.57$,
- риск банкротства – промежуточный между лингвистическими оценками «Приемлемый и пограничный». Наибольший вклад в риск вносит показатель F_3 (он требует повышения).

2.8. Выводы по главе 2

Мы предложили наиболее общий путь количественной и качественной оценки состояния предприятия, где факторы оценки образуют древовидную иерархию, а факторы одного подуровня иерархии состоят в отношениях предпочтения/безразличия друг к другу. При этом мы обобщили наши ранние результаты, и стало возможным анализировать качественную инсайдерскую информацию о предприятии, в том числе слухи (для внешних наблюдателей за корпорацией) и анкетные оценки работников предприятия (для топ-менеджмента корпорации).

Опыт подсказывает, что применение подобной схемы к оценке инвестиционной привлекательности ценных бумаг может вызвать настоящий прорыв в этой области, т.к. позволит выйти, например, на лингвистическое описание новостного и алертного фона, концентрирующегося вокруг эмитента ценной бумаги. Например: новость о том, что Нижегородский региональный облигационный займ рефинансируется Сбербанком – позитивная, и вполне отвечает неплохому финансовому рейтингу Нижегородской области. Однако оговорка о том, что члены законодательного собрания области считают дефолт по

этому займу вполне допустимым делом, должна резко понизить уровень инвестиционной привлекательности этих ценных бумаг. Задача эксперта, формирующего метод – грамотно составить систему новостных факторов и наложить на нее непротиворечивую систему предпочтений одних факторов другим. А это в своем роде искусство.

3. Оценка риска инвестиционного проекта

О финансовых аспектах бизнес-планирования написано множество работ, и сказать новое слово на этом направлении становится все труднее. По бизнес-проектированию создано множество научных школ, в том числе и в России. Но мы, тем не менее, постараемся посмотреть на бизнес-план в новом свете. С одной стороны, мы приведем предельно простой финансовый план бизнес-проекта, его предварительную оценку. С другой стороны, мы более подробно рассмотрим аспекты, связанные с неопределенностью оценки статей плана.

Как известно, самое трудное в бизнес-плане – это предсказать и промоделировать будущее состояние рынка продаж (или ожидаемый эффект от экономии затрат). Самые общие рекомендации на этот счет предложены в [7]. Целесообразно учесть эти предложения в структуре бизнес-плана, представив результаты моделирования рынка в интервальной (нечетко-множественной) форме, что и делается в данной главе работы.

Статьи затрат бизнес-плана обладают значительно меньшей неопределенностью. Но в целом неопределенность сохраняется, и ее тоже имеет смысл учесть совместно с неопределенностью в части выручки.

Таким образом, итоговые показатели эффективности проекта приобретают нечетко-множественный вид, и, как показано, в [4, 6, 8], можно оценить степень риска того, что проект окажется неэффективным. Если риск проекта приемлем, бизнес-план детализуется и принимается к исполнению. В ходе осуществления проекта целесообразно проводить план-фактный контроль финансовых параметров бизнес-плана и контролировать уровень проектного риска. Если риск перестает быть приемлемым, то инвестору следует уйти из проекта, отсекая убытки. Идея оперативного контроля риска бизнес-проекта является свежей и продуктивной. Она предполагает наличие средств автоматизации планфактного контроля проекта.

Такой способ оценки риска бизнес-плана является непривычным. Интервальная оценка параметров проекта – это инструмент вполне известный и применяемый. Но, когда итоговые оценки эффективности проекта предстают перед нами в интервальной форме, встает вопрос, как интерпретировать полученные оценки, что они выражают, если при негативном сценарии финансирования проект признается неэффективным, а при позитивных – эффективным. Каковы шансы на то, что проект окажется убыточным? Интервальная оценка не отвечает на этот вопрос. Мы же с К.И.Вороновым ответили на него еще в 1999 году [6], для случая треугольно-нечетких чисел. В настоящей работе оценка риска проекта проводится на основе наиболее общих допущений о виде нечеткого числа.

3.1. Подход и вводимые обозначения

Все параметры бизнес-плана предполагаются нами треугольными нечеткими числами или треугольно-нечеткими последовательностями (подробно эта теория описывается нами в [3]). Индекс последовательности i – это номер интервала планирования. По умолчанию, без потери общности изложения, будем рассматривать в качестве интервала инвестиционного планирования 1 квартал (исключение составляет нулевой интервал планирования, о чем речь далее).

Треугольное нечеткое число $A = (A_{\min}, A_{\text{av}}, A_{\max})$ может быть интерпретировано как интервальная оценка параметра, содержащая минимальное, наиболее ожидаемое и максимальное значения параметра. Соответственно, последовательность треугольных нечетких чисел – это множество треугольных чисел со своими интервальными оценками мощностью N , где N – число интервалов финансового планирования. Все нечеткие числа мы выделяем в данной главе шрифтом **Bold**, а обычные действительные числа оставляем без выделения.

Все арифметические операции с треугольными нечеткими числами подчиняются правилам мягких вычислений, о чем подробно см. в [35]. Результат мягких вычислений, что мы оговариваем особо, может быть трианглизован (приведен к виду треугольного нечеткого числа). Такое допущение справедливо во всех случаях реального бизнес-планирования и выполняется точно для операций мягкого сложения и вычитания. Если же трианглизация невозможна, то оценку риска инвестиционного проекта можно произвести приближенно, о чем говорится в самом конце статьи.

Базовые обозначения:

- N – число кварталов для оценки эффективности проекта. Совпадает с временем жизни самого «долгоиграющего» товара, по которому извлекается выручка в рамках проекта;
- K – число видов товарной продукции, производимой и реализуемой в ходе проекта;
- L – число видов сырья и материалов, необходимых для выпуска продукции по проекту;
- PI – Planning Interval – продолжительность единичного i -го интервала планирования (у нас - 90 календарных дней), $i = 1 \dots N$;
- **FIC _{i}** – Fixed Investment Costs – постоянные инвестиционные затраты. Включают в себя все затраты, связанные с созданием или увеличением внеоборотных активов проекта, а также суммы единовременных платежей по проекту. Если $i=0$, то мы берем в рассмотрение интервал нулевой длительности – точку начала осуществления текущих затрат по проекту. По традиции, большая часть постоянных инвестиционных затрат в ходе инвестиционного анализа приводится к нулевому интервалу планирования, поэтому здесь и далее $FIC_i = 0$ при $i > 0$;

- **SR_i** – Sales Revenue – проектная выручка без учета налога на добавленную стоимость. Здесь мы говорим, без нарушения общности, именно о выручке с продаж, хотя вместо выручки по проекту может рассматриваться и экономия затрат;
- **VC_i** – Variable Costs – переменные производственные затраты, сумма которых исчисляется на единицу выпускаемой продукции по нормативу переменных затрат. Сюда мы отнесем затраты на сырье и материалы, переменную заработную плату и социальные отчисления на нее, прочие переменные производственные затраты (все без учета НДС);
- **FC_i** – Fixed Costs - постоянные производственные затраты. Сюда относится постоянная заработная плата и отчисления с нее, арендная плата, коммунальные услуги, расходы на рекламу, амортизационные отчисления (**DC_i** – Depreciation Charges) и прочие постоянные производственные затраты без учета НДС;
- **NWC_i** – Net Working Capital – потребность в чистом оборотном капитале. Это разность между потребностью в оборотных активах и краткосрочными обязательствами. Сюда относится потребность в финансировании запасов сырья и материалов, незавершенного производства, готовой продукции, дебиторской задолженности. При этом, чем выше оборачиваемость перечисленных активов (меньше **TP** – Turnover Period – период оборота активов в днях), тем ниже потребность в чистом оборотном капитале. Если планируется производство продукции в фиксированных объемах, то потребность в капитале совпадает с потребностью на финансирование переходящих остатков и задолженностей заранее известного размера. Если производство, например, расширяется, то возникает дополнительный единовременный платеж на повышение уровня запасов. Таким образом, потребность в чистом оборотном капитале связана с уровнем производственных затрат (как переменных, так и постоянных);
- **TIC_i** – Total Investment Costs – полные инвестиционные затраты нарастающим итогом;
- **SV** – Salvage Value – ликвидационная стоимость проекта с учетом накопленного износа внеоборотных активов, измеренная по завершении срока жизни проекта Life;
- **TPC_i** – Total Production Costs – полные производственные затраты;
- **MP_i** – Marginal Profit – прибыль от продаж за период;
- **TPT_i** – Taxes before Profit Tax – суммарный объем налогов до налогообложения прибылью;
- **EBIT_i** – Earnings Before Interests & Taxes – прибыль до налогообложения, балансовая прибыль;
- **PT** – Profit Tax – налог на прибыль;
- **NP_i** – Net Profit – чистая прибыль;
- **ROI_i** – Return On Investments – рентабельность инвестиций
- **EVA_i** – Economic Value Added – экономическая добавленная стоимость;
- **RD** – Rate of Discount – ставка дисконтирования капитала, в процентах годовых;

- NCF_i – Net Cash Flow – чистый денежный поток, характеризующий изменение счета денежных средств за один интервал планирования;
- NPV – Net Present Value – чистая современная ценность проекта;
- $DPBP$ – Discount Pay-Back Period – срок окупаемости проекта с учетом дисконтирования денежных потоков;
- RI – Risk of Investments – риск инвестиций.

3.2. Моделирование денежных потоков инвестиционного проекта [14]

3.2.1. Моделирование постоянных инвестиционных затрат

$$FIC_i = \sum_{j=1}^7 FIC_{ji}, \quad (3.1)$$

где $FIC_{1i} \dots FIC_{7i}$ – цена земли, зданий и сооружений, оборудования, транспортных средств, прав и лицензий, прочих внеоборотных активов, а также прочие единовременные платежи, – соответственно. Когда нам с хорошей степенью точности известен порядок этих затрат, то целесообразно указать наиболее ожидаемое значение, а затем сделать допуск в большую и меньшую сторону (допуски в обе стороны могут различаться по модулю), образовав минимальный и максимальный уровень затрат по каждой статье. Допуск выражает возможность экстренного повышения цен на внеоборотные активы, например, в связи с сезонностью или инфляцией, а также и возможность снижения цены с изменением рыночной конъюнктуры. В целях соблюдения принципа бухгалтерской осторожности можно совместить нижнюю и ожидаемую оценку затрат, сделав нижний допуск нулевым.

3.2.2. Моделирование выручки

Предположим, мы собираемся выпускать K видов продукции, каждый из которых характеризуется своим временем жизни на рынке TL_k , $k = 1..K$. Ясно, что этот срок жизни мы можем указать лишь примерно, как треугольное число. Естественным является допущение, что ровно посередине интервала жизненного цикла товара находится максимум ожидаемых продаж.

Следует, моделируя продажи, также задаться асимптотическим пределом продаж за весь жизненный цикл товара. Пусть это будет SL_k – треугольное число. Здесь интервальная оценка является, конечно, намного более широкой, нежели оценка затрат.

Воспользуемся методом логистической кривой для моделирования продаж в пределах сформулированных модельных допущений [7]. Приблизим нечеткую

последовательность продаж функцией плотности нормального распределения $SL_k \times \text{NormDist}(i, Av_k, \text{Sigma}_k)$ с нечеткими параметрами (подробно о свойствах таких функций см. в [15]):

- $Av_k = TL_k/2$ – первый начальный момент распределения (матожидание);
- Sigma_k – среднеквадратическое отклонение, которое определяется из уравнения (в таблице Excel это уравнение может быть решено с помощью инструмента Solver):

$$\text{Sigma}_k = \arg(\text{NormDist}(TL_k, TL_k/2, \text{Sigma}_k) = 0.99). \quad (3.2)$$

Когда определены параметры логистической кривой для каждого вида продаж, можно получить результирующую оценку продаж в виде:

$$SR_{kmax}(i) = SL_{kmax} \times \max(\text{NormDist}(i, Av_{kmax}, \text{Sigma}_{kmax}), \text{NormDist}(i, Av_{kmax}, \text{Sigma}_{kmin}), \text{NormDist}(i, Av_{kmin}, \text{Sigma}_{kmax}), \text{NormDist}(i, Av_{kmin}, \text{Sigma}_{kmin})), \quad (3.3)$$

$$SR_{kmin}(i) = SL_{kmin} \times \min(\text{NormDist}(i, Av_{kmax}, \text{Sigma}_{kmax}), \text{NormDist}(i, Av_{kmax}, \text{Sigma}_{kmin}), \text{NormDist}(i, Av_{kmin}, \text{Sigma}_{kmax}), \text{NormDist}(i, Av_{kmin}, \text{Sigma}_{kmin})), \quad (3.4)$$

$$SR_{kav}(i) = SL_{kav} \times \text{NormDist}(i, Av_{kav}, \text{Sigma}_{kav}). \quad (3.5)$$

Тогда результирующий поток продаж определяется соотношением:

$$SR_i = \sum_{k=1}^K SR_k(i) \quad (3.6)$$

3.2.3. Моделирование переменных производственных затрат

Переменные затраты на производство k-го вида продукции могут быть нормированы по уровню выручки, если норма прибыли (соотношение себестоимости и цены продукции) является постоянной величиной:

$$VC_k(i) = SR_k(i) \times \lambda_k, \quad (3.7)$$

где λ_k - доля переменных производственных затрат в выпуске.

Соответственно, общий поток переменных производственных затрат

$$VC_i = \sum_{k=1}^K VC_k(i) = \sum_{k=1}^K SR_k(i) \times \lambda_k. \quad (3.8)$$

В разрезе затрат на сырье и материалы (3.7) имеет вид:

$$VC_{kl}(i) = SR_k(i) \times \lambda_{kl}, \quad (3.9)$$

где l – тип сырья или материалов, затрачиваемых на производство соответствующего k -го вида продукции, $l = 1, \dots, L$, $k = 1, \dots, K$.

3.2.4. Моделирование постоянных производственных затрат

$$FC_i = \sum_{j=1}^7 FC_{ji}, \quad (3.10)$$

где $FC_{1i} \dots FC_{7i}$ – арендная плата, постоянная заработная плата и социальные отчисления на нее, коммунальные услуги, расходы на рекламу, амортизационные отчисления и прочие постоянные производственные затраты – соответственно. Особое внимание следует уделить расчету амортизационных отчислений:

$$DC_i = FIC_0 \times \delta/4 = \text{const } (i) = DC, \quad i=1 \dots N, \quad (3.11)$$

где δ – средневзвешенная норма амортизации, процентов годовых, рассчитываемая по формуле

$$\delta = \frac{\sum_{j=1}^7 FIC_{j0} \times \delta_j}{FIC_0}, \quad (3.12)$$

δ_j – норма амортизации по j -му внеоборотному активу, процентов годовых. Здесь же зафиксируем $DC_0 = 0$ в силу того, что нулевой интервал не имеет длительности.

3.2.5. Моделирование потребности в чистом оборотном капитале

Мы имеем в данном блоке пять моделей, в зависимости от типа активов:

- модель для запасов сырья и материалов;
- модель для незавершенного производства;
- модель для готовой продукции;
- модель для дебиторской задолженности;
- модель для краткосрочной кредиторской задолженности.

Рассмотрим по порядку.

Пусть для осуществления производственной деятельности в проекте предусматривается создание запасов по L видам сырья и материалов. Предполагается, что каждый l -ый вид характеризуется TR_l – периодом оборота l -

го типа оборотных активов, в днях. Разумеется, вполне точно оценить эту величину не представляется возможным. Поэтому целесообразно формировать интервальную оценку периода оборота, впоследствии используя ее в формуле для потребности в чистом оборотном капитале на финансирование 1-го типа сырья и материалов в начальный период проекта:

$$NWC_{i0} = \sum_{k=1}^K VC_{kl}(0) \times TP_1/PI, \quad (3.13)$$

где $VC_{kl}(0)$ определяется по (2.9).

По мере роста продаж увеличивается потребность в оборотном капитале на увеличение запасов сырья и материалов, что вызывает дополнительные потоки на финансирование в размере:

$$NWC_{ii} = \sum_{k=1}^K (VC_{kl}(i) - VC_{kl}(i-1)) \times TP_1/PI, \quad i = 1 \dots N \quad (3.14)$$

Аналогичным образом, при снижении продаж объем запасов корректируется в сторону снижения, но вид формулы (14) не меняется, просто возникает отток капитала из проекта, связанный со снижением размера складских запасов.

Моделирование для незавершенного производства осуществляется без детализации, по переменным затратам:

$$\begin{aligned} NWC_{w0} &= VC_0 \times TP_w/PI, \\ NWC_{wi} &= (VC_i - VC_{i-1}) \times TP_w/PI, \end{aligned} \quad (3.15)$$

где TR_w – период оборота активов незавершенного производства, в днях.

Моделирование для готовой продукции проводится с учетом постоянных и переменных производственных затрат, за вычетом потока амортизационных отчислений:

$$\begin{aligned} NWC_{G0} &= (VC_0 + FC_0) \times TP_G/PI, \\ NWC_{Gi} &= [(VC_i + FC_i - DC_i) - (VC_{i-1} + FC_{i-1} - DC_{i-1})] \times TP_G/PI, \end{aligned} \quad (3.16)$$

где TR_G – период оборота готовой продукции на складе, в днях.

Моделирование для дебиторской задолженности осуществляется без детализации, по выручке:

$$\begin{aligned} NWC_{D0} &= SR_0 \times TP_D/PI, \\ NWC_{Di} &= (SR_i - SR_{i-1}) \times TP_D/PI, \end{aligned} \quad (3.17)$$

где TR_D – период оборота активов дебиторской задолженности, в днях.

Моделирование для краткосрочной кредиторской задолженности проводится с учетом постоянных и переменных производственных затрат, за вычетом потока амортизационных отчислений:

$$\begin{aligned} NWC_{C0} &= (VC_0 + FC_0) \times TP_C/PI, \\ NWC_{Ci} &= [(VC_i + FC_i - DC_i) - (VC_{i-1} + FC_{i-1} - DC_{i-1})] \times TP_C/PI, \end{aligned} \quad (3.18)$$

где TR_C – период оборота активов краткосрочной кредиторской задолженности, в днях.

Результирующая оценка потребности в оборотном капитале в данный период осуществления проекта производится по формуле, на основе (3.13) – (3.18):

$$NWC_i = \sum_{l=1}^L NWC_{li} + NWC_{wi} + NWC_{Gi} + NWC_{Di} + NWC_{Ci}. \quad (3.19)$$

3.2.6. Оценка промежуточных результатов

Полные инвестиционные затраты нарастающим итогом определяются соотношением

$$TIC_i = FIC_0 + \sum_{j=0}^i NWC_j. \quad (3.20)$$

Ликвидационная стоимость проекта:

$$SV = \max (TIC_N - DC \times N, 0). \quad (3.21)$$

Полные инвестиционные затраты нарастающим итогом:

$$TPC_i = VC_i + FC_i. \quad (3.22)$$

Маржинальная прибыль за период:

$$MP_i = SR_i - VC_i. \quad (3.23)$$

Балансовая прибыль за период:

$$EBIT_i = SR_i - TPC_i - TPT_i. \quad (3.24)$$

Чистая прибыль:

$$NP_i = \begin{cases} EBIT_i, EBIT_i \leq 0 \\ EBIT_i \times (1 - PT), EBIT_i > 0 \end{cases} \quad (3.25)$$

Рентабельность инвестиций по нарастающему итогу инвестиционных затрат:

$$ROI_i = \sum_{j=0}^i NP_j / TIC_i \quad (3.26)$$

Экономическая добавленная стоимость по нарастающему итогу выручки и инвестиционных затрат:

$$EVA_i = \sum_{j=0}^i (NP_j - (FIC_0 + NWC_j) \times [(1 + RD/4)^j - 1]) \quad (3.27)$$

Чистый денежный поток:

$$NCF_i = NP_i + DC_i \quad (3.28)$$

3.3. Оценка эффективности и риска инвестиционного проекта

Будем применять в модели только два показателя эффективности: чистую современную ценность проекта и срок окупаемости инвестиций по дисконтированным денежным потокам.

Чистая современная ценность проекта оценивается по формуле:

$$NPV = - FIC_0 + \sum_{i=1}^N NCF_i / (1 + RD/4)^i + SV / (1 + RD/4)^N \quad (3.29)$$

Впервые представление чистой современной ценности проекта в форме треугольного нечеткого числа встречается в [31].

Срок окупаемости инвестиций по дисконтированным потокам **DPBP** определяется номером квартала, когда впервые выполняется условие $NCF_i > 0$ (для сценариев исполнения проекта с максимальным, средним и минимальным **NPV**).

Риск того, что проект не окупится за N кварталов, определяется на базе исследования треугольной формы показателя **NPV** по соотношениям [4, 6, 8]:

$$RI = \begin{cases} 0, & NPV_{\min} > 0 \\ R \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)\right), & NPV_{\min} \leq 0 < NPV_{av} \\ 1 - (1 - R) \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)\right), & NPV_{av} \leq 0 < NPV_{\max} \\ 1, & NPV_{\max} \leq 0 \end{cases}, \quad (3.30)$$

где

$$R = \begin{cases} \frac{-NPV_{\min}}{NPV_{\max} - NPV_{\min}}, & NPV_{\max} > 0 \\ 1, & NPV_{\max} \leq 0 \end{cases}, \quad (3.31)$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & NPV_{\min} > 0 \\ \frac{-NPV_{\min}}{NPV_{av} - NPV_{\min}}, & NPV_{\min} \leq 0 < NPV_{av} \\ 1, & NPV_{av} = 0 \\ \frac{NPV_{\max}}{NPV_{\max} - NPV_{av}}, & NPV_{av} < 0 < NPV_{\max} \\ 0, & NPV_{\max} \leq 0 \end{cases}. \quad (3.32)$$

Если NPV проекта – симметричное треугольное число, причем $NPV_{\min} < 0$, $NPV_{\max} > 0$, то (3.30) – (3.32) приобретает простейший вид [10]:

$$RI = 0.5 + \lambda(\ln \lambda - 1)/2, \quad (3.33)$$

где

$$\lambda = NPV_{av} / (NPV_{\max} - NPV_{av}) = NPV_{av} / (NPV_{av} - NPV_{\min}). \quad (3.34)$$

Это - простейшее соотношение для оценки риска.

3.4. Риск-функция инвестиционного проекта

Пусть по результатам инвестиционного анализа проекта нам известен вид некоего результирующего показателя инвестиционного проекта (далее, без нарушения общности изложения, будем считать, что показателем эффективности инвестиционного проекта является NPV – чистая современная ценность проекта). Предположим также, что, в связи со значительной неопределенностью исходных данных проекта, NPV может быть представлена одним из нижеследующих способов:

- 1) как интервальное значение $NPV = [NPV_{\min}, NPV_{\max}]$;
- 2) как треугольно-симметричное нечеткое число $NPV = NPV_{av} \pm \Delta$;
- 3) как треугольное число произвольного вида $NPV = (NPV_{\min}, NPV_{av}, NPV_{\max})$;
- 4) как нечеткое число произвольного вида $NPV = \{NPV_{\alpha}; \alpha \rightarrow [NPV_{\alpha\min}, NPV_{\alpha\max}]\}$, т.е. как набор интервалов по каждому выбранному уровню принадлежности α [13].

Для всех четырех случаев задания NPV мы имеем точные и приближенные аналитические методы оценки риска инвестиций $Risk(G)$, как возможности того, что по результатам инвестиционного процесса значение NPV окажется ниже предустановленного граничного уровня G :

$$Risk(G) = Poss(NPV < G). \quad (3.35)$$

Граничный уровень G может быть нами рассмотрен как скалярная переменная, так и как нечеткое число, но в изложении данного параграфа мы полагаем G четким. Тогда назовем (3.34) **риск-функцией инвестиционного проекта**.

Чтобы прояснить существо риск-функции и ее практическое значение для инвестиционного анализа, рассмотрим простые расчетные примеры. Проиллюстрируем изложение примера экранами недавно разработанного нами совместно с Д.Н.Бессоновым калькулятора для оценки риска прямых инвестиций [34].

Пример 1. $NPV = [-10, 50]$ – интервальная оценка. Найти $Risk(G)$.

Решение 1. Интервальная оценка характеризуется тем, что выраженного уровня предпочтения одних значений другим в пределах интервала нет, и поэтому уровень достоверности оценки – минимальный, т.е. уровень принадлежности α **равен нулю**. Соответственно, риск неэффективности проекта, измеренный по интервальному NPV , составляет:

$$Risk(G) = \varphi(\alpha = 0) = \begin{cases} 0 & , \text{ при } G < NPV_{\min} \\ \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{\max} - NPV_{\min}} & , \text{ при } NPV_{\min} \leq G \leq NPV_{\max} \\ 1 & , \text{ при } G > NPV_{\max} \end{cases} \quad (3.36)$$

Вид риск-функции (2) представлен на рис. 3.1:

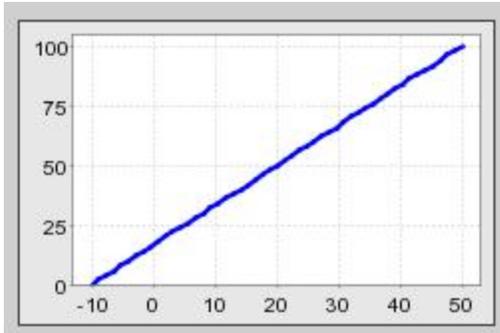


Рис. 3.1. Риск функция вида (2).

Видно, что с ростом ограничения риск проекта возрастает линейно, что как раз свидетельствует об интервальном характере неопределенности. Если об NPV известно что-то большее, чем интервал возможных значений, то риск-функция ведет себя нелинейно, что будет видно из последующих примеров.

Пример 2. $NPV = 20 \pm 30$ – треугольно-симметричная оценка. Найти Risk (G).

Решение 2. Этот вид оценки необычайно распространен в предварительных эскизных расчетах по проекту. Обычно проектант ориентируется на некоторый среднеожидаемый уровень эффективности, рассматривая отклонения от ожидаемого среднего как разброс $\pm\Delta$.

В самом общем виде риск-функция для NPV вида треугольного числа считается по формуле:

$$Risk(G) = \begin{cases} 0, & G < NPV_{\min} \\ R \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)\right), & NPV_{\min} \leq G < NPV_{av} \\ 1 - (1 - R) \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)\right), & NPV_{av} \leq G < NPV_{\max} \\ 1, & G \geq NPV_{\max} \end{cases}, \quad (3.37)$$

где

$$R = \begin{cases} \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{\max} - NPV_{\min}}, & G < NPV_{\max} \\ 1, & G \geq NPV_{\max} \end{cases},$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & G < NPV_{\min} \\ \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{\text{av}} - NPV_{\min}}, & NPV_{\min} \leq G < NPV_{\text{av}} \\ 1, & G = NPV_{\text{av}} \\ \frac{NPV_{\max} - G}{NPV_{\max} - NPV_{\text{av}}}, & NPV_{\text{av}} < G < NPV_{\max} \\ 0, & G \geq NPV_{\max} \end{cases}$$

В данном треугольно-симметричном случае выполняется:

$$\Delta = NPV_{\text{av}} - NPV_{\min} = NPV_{\max} - NPV_{\text{av}}, \quad (3.38)$$

а риск-функция имеет вид рис. 3.2:

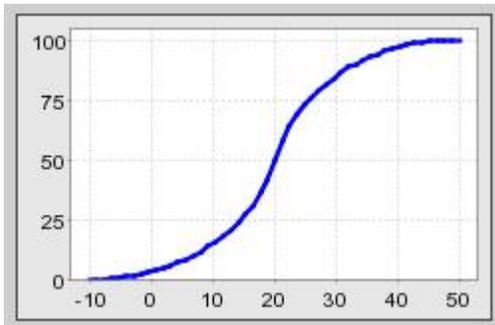


Рис. 2. Риск функция вида (3) для симметричного случая

Для данного случая видно, что риск-функция имеет центрально-симметричный вид, с центром симметрии в точке $(NPV_{\text{av}}, 50\%)$. При этом можно выделить три качественных участка функции: а) медленный рост, примерно до точки (13, 20%), затем б) бурный рост, примерно до точки (27, 80%), и затем в) насыщение. Качественно порог ($G_{\text{stop}}, 20\%$) является очень важным и характеризует границу между **условно-приемлемыми и неприемлемыми значениями риска проекта** ($G_{\text{stop}} = \text{Risk}^{-1}(20\%) = 13$ уместно называть **порогом приемлемого риска** для треугольно-симметричных NPV). Таким образом, следует оценивать чувствительность проекта к колебаниям внешних требований к его эффективности, и самый предпочтительный способ такой оценки – качественный, лингвистический.

Если, далее, классифицировать условно-приемлемые уровни риска на **приемлемые и пограничные**, то можно в первом приближении выделить уровень 10%-ого риска как **межевой**. Соответствующее значение $G_{\text{alert}} = \text{Risk}^{-1}(10\%) = 7$ следует назвать **алертным порогом**, т.е. таким, когда необходимо вырабатывать предупреждение о переходе от приемлемых уровней риска проекта к пограничным.

С самой общей точки зрения, задача классификации уровней риска проекта с точки зрения их допустимости – это задача гранулирования уровня G , т.е.

выделения однотипных кластеров, характеризующихся общим лингвистическим описанием. Здесь мы провели четкое гранулирование уровней (NPV_{\min} , G_{alert} , G_{stop} , NPV_{\max}). Такое гранулирование может быть и нечетким, например, с применением трапецевидных функций принадлежности.

В [10] показано, что гранулирование в целях классификации уровней риска проекта можно производить и на основе параметра $\lambda = NPV_{\text{av}}/\Delta$ (табл. 3.1).

Табл. 3.1. Уровень риска и риск-статус проекта

Значение λ	Уровень риска проекта	Риск-статус проекта
0.44 - 1	<10%	Приемлемый риск
0.25 – 0.44	10% - 20%	Пограничный риск
< 0.25	> 20%	Неприемлемый риск

В случае примера 2 $\lambda = 20/30 = 0.666$, риск приемлемый (3.2%)

Пример 3. $NPV = (-10, 10, 50)$ – треугольная оценка общего вида. Найти Risk (G).

Решение 3. По сравнению с примером 2, мы сместили вершину треугольного числа влево по оси абсцисс. Соответственно, риск проекта должен возрасти. Так оно и происходит. Применяя (3.37), получаем $Risk(0) = 5.3\% > 3.2\%$ (по примеру 2). А риск-функция проекта имеет вид:

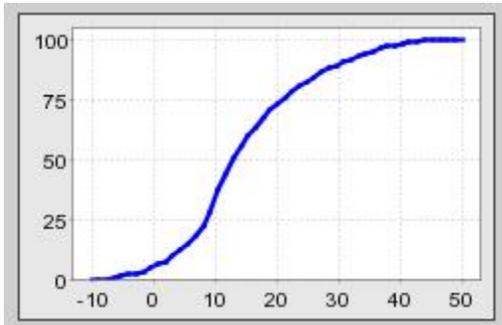


Рис. 3. Риск функция вида (3) для несимметричного случая

Разумеется, вся симметрия функции, характерная для примера 2, пропадает. Также смещаются влево по оси абсцисс уровни $G_{\text{alert}} = 3 < 7$ и $G_{\text{stop}} = 7.5 < 13$. То есть по всему видно, что проект примера 3 значительно более напряженный по риску, чем проект примера 2.

Для несимметричного треугольного числа $NPV = (-10, 10, 50)$ существует двусторонняя оценка риска для треугольно-симметричных чисел $NPV_1 = (-10, 10, 30)$ и $NPV_2 = (-10, 20, 50)$. Соответственно,

$$Risk_1(0) = 7.7\% > Risk(0) = 5.3\% > Risk_2(0) = 3.2\%. \quad (3.39)$$

Пример 4 [13]. NPV представлено треугольным числом общего вида (таблица 3.2):

Табл. 3.2. Сегментное задание NPV ($\Delta\alpha=0.1$)

α_i	$NPV_{1\alpha}$	$NPV_{2\alpha}$
0	-10.9	52.5
0.1	-10.0	44.7
0.2	-9.0	37.7
0.3	-7.9	31.6
0.4	-6.7	26.2
0.5	-5.3	21.4
0.6	-3.8	17.1
0.7	-2.1	13.4
0.8	-0.2	10.0
0.9	2.0	7.0
1	4.3	4.3

Найти Risk (G).

Решение 4. В [13] доказано, что:

$$\text{Risk (G)} = \sum_{(i)} \varphi(\alpha_i) \times \Delta\alpha, \quad (3.40.1)$$

где

$$\varphi(\alpha) = \begin{cases} 0 & , \text{ при } G < NPV_{1\alpha} \\ \frac{G - NPV_{1\alpha}}{NPV_{2\alpha} - NPV_{1\alpha}} & , \text{ при } NPV_{1\alpha} \leq G \leq NPV_{2\alpha} \\ 1 & , \text{ при } G > NPV_{2\alpha} \end{cases}, \quad \alpha = [0, 1]. \quad (3.40.2)$$

В действительности, приближение (3.40) есть не что иное, как обобщение (2) на случай счетного множества интервалов принадлежности. С уменьшением уровня дискретизации $\Delta\alpha$ точность оценки (3.40) возрастает.

Число NPV, согласно таблице 3.2, представлено на рис. 3.4, а риск-функция Risk (G), оцененная по (3.40), - на рис. 3.5.

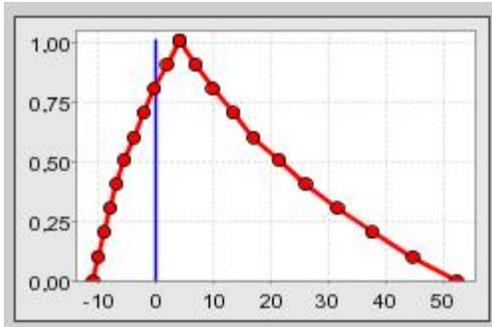


Рис. 3.4. NPV по табл. 2

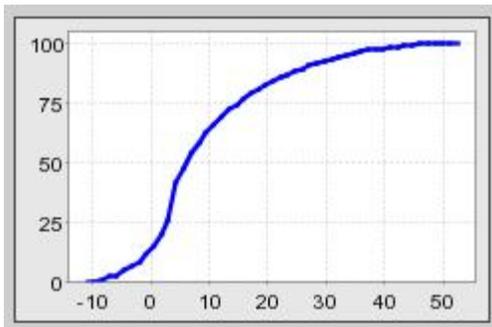


Рис. 3.5. Риск функция вида (6) для примера 4

3.5. Оценка риска при размытом ограничении [20]

Мы пришли к необходимости и возможности решить задачу в постановке, когда и эффект и граничное условие проекта – нечеткие числа произвольного вида. Если неопределенность в части эффекта связана с непредсказуемостью проектных операций, то неопределенность в части граничного условия порождается отсутствием у владельца проекта четких представлений о нормативах его эффективности. При этом возникают частные случаи, когда один или оба числа (эффект и граничное условие) являются:

- интервалами;
- треугольными числами.

3.5.1. Интервальный случай

Не нарушая общности, будем говорить о том, что в качестве фактора эффективности проекта у нас выступает NPV – чистая современная ценность проекта. Разумеется, все сделанные здесь выкладки могут быть воспроизведены и для других показателей инвестиционного проекта.

Рассмотрим интервальный случай. Пусть $NPV = [NPV_1, NPV_2]$ – эффективность инвестиций, $G = [G_1, G_2]$ – граничное условие эффективности. Оценим возможность события $NPV < G$, что, собственно, и определяет риск того, что проект окажется неэффективным.

В фазовом пространстве (NPV, G) выделим прямоугольник, ограниченный левыми и правыми точками NPV и G. Этот прямоугольник представляет собой поле равновозможных событий, характеризующих результат инвестиционного процесса. На рис. 3.6 [4] показана заштрихованная зона неэффективных инвестиций, ограниченная прямыми $G = G_1$, $G = G_2$, $NPV = NPV_1$, $NPV = NPV_2$ и биссектрисой координатного угла $G = NPV$. Взаимные соотношения параметров $G_{1,2}$ и $NPV_{1,2}$ дают следующий расчет для площади заштрихованной плоской фигуры (к сожалению, в [4] соответствующая формула записана с ошибкой, т.к. упущен один из возможных случаев соотношения NPV и G):

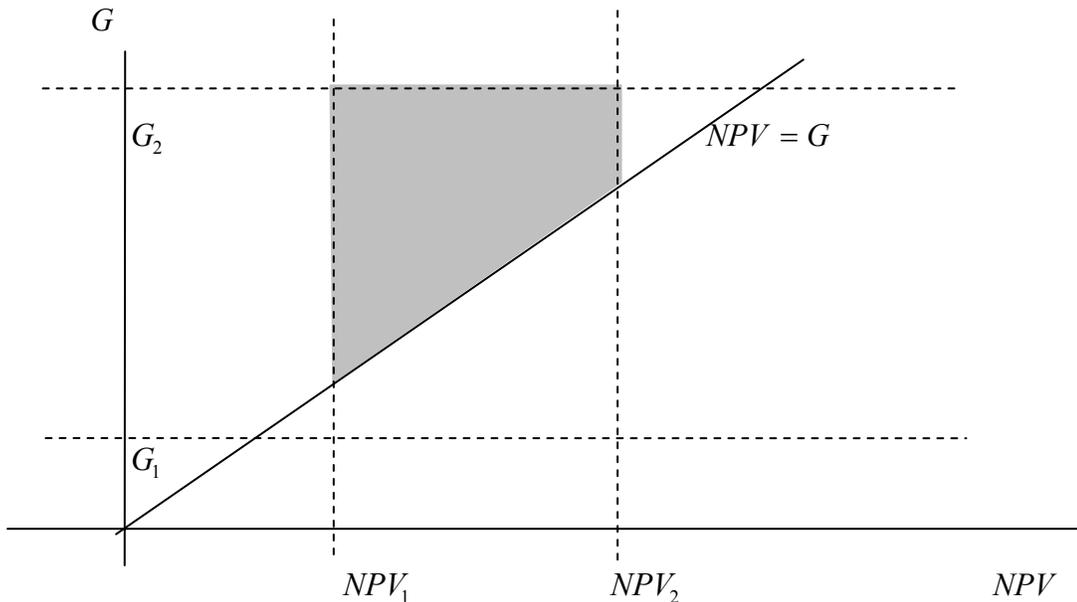


Рис. 3.6. Зона неэффективности инвестиций

$$S = \begin{cases} 0, G_2 \leq NPV_1 \\ \frac{(G_2 - NPV_1)^2}{2}, & G_1 < NPV_1 < G_2 \leq NPV_2 \\ \frac{(G_1 - NPV_1) + (G_2 - NPV_1)}{2} \cdot (G_2 - G_1), & NPV_1 \leq G_1 < G_2 \leq NPV_2 \\ \frac{(G_2 - NPV_2) + (G_2 - NPV_1)}{2} \cdot (NPV_2 - NPV_1), & G_1 \leq NPV_1 < NPV_2 \leq G_2 \\ (G_2 - G_1)(NPV_2 - NPV_1) - \frac{(NPV_2 - G_1)^2}{2}, & NPV_1 \leq G_1 \leq NPV_2 \leq G_2 \\ (G_2 - G_1)(NPV_2 - NPV_1), & NPV_2 \leq G_1 \end{cases} \quad (3.41)$$

Понятно, что площадь зависит от взаимного расположения интервалов $[NPV_1, NPV_2]$ и $[G_1, G_2]$. Поясним данную формулу. На рис. 3.6 приведен случай

$G_1 < NPV_1 < NPV_2 < G_2$, для которого площадь заштрихованной фигуры равна площади трапеции с основаниями $(G_2 - NPV_2)$ и $(G_2 - NPV_1)$ и высотой $(NPV_2 - NPV_1)$. Для других случаев строятся другие графики и соответственно подсчитываются площади получающихся фигур.

Так как все реализации (NPV, G) при заданном уровне принадлежности α равновозможны, то мы можем определить степень риска неэффективности проекта как геометрическую вероятность попадания точки (NPV, G) в заштрихованную зону неэффективных инвестиций:

$$\varphi = \frac{S}{(NPV_2 - NPV_1) \cdot (G_2 - G_1)}, \quad (3.42)$$

где S определяется по формуле (3.41).

Если фактор $G = G_1 = G_2$ имеет точечную оценку, то (3.41) и (3.42) преобразуются к виду (с учетом предельного перехода):

$$\varphi = \begin{cases} 0 & , \text{ при } G < NPV_1 \\ \frac{G - NPV_1}{NPV_2 - NPV_1} & , \text{ при } NPV_1 \leq G \leq NPV_2 \\ 1 & , \text{ при } G > NPV_2 \end{cases} \quad (3.43)$$

Наоборот, если $NPV = NPV_1 = NPV_2$, то

$$\varphi = \begin{cases} 0 & , \text{ при } G_2 < NPV \\ \frac{G_2 - NPV}{G_2 - G_1} & , \text{ при } G_1 \leq NPV \leq G_2 \\ 1 & , \text{ при } G_1 > NPV \end{cases} \quad (3.44)$$

В вырожденном случае (когда одновременно $G = G_1 = G_2$ и $NPV = NPV_1 = NPV_2$), все совсем просто:

$$\varphi = \begin{cases} 0, & \text{ при } G \leq NPV \\ 1, & \text{ при } G > NPV \end{cases} \quad (3.45)$$

3.5.2. Переход к общему случаю

Пусть теперь задан уровень достоверности данных α , и

$$\begin{aligned} NPV &= NPV_\alpha = [NPV_{1\alpha}, NPV_{2\alpha}], \\ G &= G_\alpha = [G_{1\alpha}, G_{2\alpha}] \quad - \end{aligned} \quad (3.46)$$

соответствующие интервалы принадлежности, образующие несчетное множество. Фактически, (3.46) задает два нечетких числа NPV и G сегментным способом. Если существует аналитический вид (3.46), то данные нечеткие числа приобретают определенное название (LR-числа, треугольные числа, трапециевидные числа, колоколообразные числа и т.д.).

Степень риска в случае задания (3.46) определяется по формулам (3.41) и (3.42) для каждого уровня α . Интегральная мера возможности может быть определена двумя путями:

- **точно** (через интеграл по мере возможности)

$$Risk = \int_0^1 \varphi(\alpha) d\alpha, \quad (3.47)$$

где

$$\varphi(\alpha) = \frac{S_\alpha}{(NPV_{2\alpha} - NPV_{1\epsilon}) \cdot (G_{2\epsilon} - G_{1\alpha})}; \quad (3.48)$$

- **приближенно** (как конечная сумма):

$$Risk = \sum_{(i)} \varphi(\alpha_i) \times \Delta\alpha, \quad (3.49)$$

где $\Delta\alpha$ - дискрет сегментирования (например, 0.1), i – индекс сегментирования,

$$\alpha_i = (i-1) * \Delta\alpha. \quad (3.50)$$

Интервалы в терминах нечетких множеств – это прямоугольные нечеткие числа, где любому уровню принадлежности соответствует один и тот же интервал. Поэтому для случая двух интервальных факторов $\varphi(\alpha) = \text{const}$, и вынос этой константы из-под интеграла (3.47) приводит нас к оценке (3.42).

В принципе, изложенного здесь достаточно для того, чтобы реализовать автоматизированную процедуру для оценки риска (по аналогии с инвестиционным калькулятором вида [34]). Однако иногда полезно получать аналитические выражения для риска, чтобы использовать их для построения тестовых расчетных примеров. Продемонстрируем это на примере двух треугольных чисел.

3.5.3. Случай двух треугольных чисел общего вида

Пусть $G = (G_{\min}, G_{av}, G_{\max})$ и $NPV = (NPV_{\min}, NPV_{av}, NPV_{\max})$ - треугольные числа общего вида. Найдем степень риска неэффективности в общем виде, то есть вычислим интеграл (3.47). Запишем функцию $\varphi(\alpha)$:

$$\varphi(\alpha) = \begin{cases} 0, & G_2 \leq NPV_1; \\ \varphi_1 = \frac{(G_2 - NPV_1)^2}{2(G_2 - G_1)(NPV_2 - NPV_1)}, & G_1 < NPV_1 < G_2 \leq NPV_2; \\ \varphi_2 = \frac{(G_1 - NPV_1) + (G_2 - NPV_1)}{2(NPV_2 - NPV_1)}, & NPV_1 \leq G_1 < G_2 \leq NPV_2; \\ \varphi_3 = \frac{(G_2 - NPV_2) + (G_2 - NPV_1)}{2(G_2 - G_1)}, & G_1 \leq NPV_1 < NPV_2 \leq G_2; \\ \varphi_4 = 1 - \frac{(NPV_2 - G_1)^2}{2(G_2 - G_1)(NPV_2 - NPV_1)}, & NPV_1 \leq G_1 \leq NPV_2 \leq G_2; \\ \varphi_5 = 1, & NPV_2 \leq G_1. \end{cases} \quad (3.51)$$

Необходимо отметить, что при треугольном виде нечетких чисел G и NPV функция $\varphi(\alpha)$ не может существовать одновременно на всех интервалах. Интеграл (7) будет иметь вид

$$\int_0^1 \varphi(\alpha) d\alpha = \int_{a_0}^{\alpha=a_1} \varphi_1(\alpha) d\alpha + \int_{a_1}^{\alpha=a_2} \varphi_2(\alpha) d\alpha + \int_{a_2}^{\alpha=a_3} \varphi_3(\alpha) d\alpha + \int_{a_3}^{\alpha=a_4} \varphi_4(\alpha) d\alpha + \int_{a_4}^{\alpha=a_5} \varphi_5(\alpha) d\alpha, \quad (3.52)$$

однако некоторые из составляющих его интегралов будут равны нулю. А какие именно – будет зависеть от конкретного вида чисел G и NPV .

Найдем интегралы $\int_{\alpha_{i-1}}^{\alpha_i} \varphi_i d\alpha$, $i = \overline{1,5}$. Для этого обозначим

$$\begin{aligned} NPV_{\max} &= N; \\ NPV_{\min} &= M; \\ NPV_{av} &= S; \\ G_{\max} &= n; \\ G_{\min} &= m; \\ G_{av} &= s. \end{aligned} \quad (3.53)$$

Кроме того, необходимо формально выразить функцию $\varphi(\alpha)$ через переменную α , то есть фактически выразить величины G_1 , G_2 , NPV_1 и NPV_2 через α . Это легко сделать, взяв общее уравнение прямой: $\alpha(NPV_1) = a \cdot NPV_1 + b$ - и, используя точки прямой $(NPV_{\min}, 0)$ и $(NPV_{av}, 1)$, найти коэффициенты a и b . Таким образом,

$$\alpha(NPV_1) = \frac{NPV_1 - NPV_{\min}}{NPV_{av} - NPV_{\min}} \quad (3.54.1)$$

или

$$NPV_1 = \alpha(NPV_{av} - NPV_{\min}) + NPV_{\min}. \quad (3.54.2)$$

Аналогичным образом получим соотношение и для NPV_2 , G_1 и G_2 :

$$NPV_2 = NPV_{\max} - \alpha(NPV_{\max} - NPV_{av}); \quad (3.55)$$

$$G_2 = G_{\max} - \alpha(G_{\max} - G_{av}); \quad (3.56)$$

$$G_1 = \alpha(G_{av} - G_{\min}) + G_{\min}. \quad (3.57)$$

Используя (3.53-3.57), произведем соответствующие замены в функции (3.51) и запишем результирующие выражения для $\int_{\alpha_{i-1}}^{\alpha_i} \varphi_i d\alpha$, $i = \overline{1,5}$, которые мы получили после нахождения интегралов и некоторых преобразований:

1. Для $G_1 < NPV_1 < G_2 < NPV_2$

$$\begin{aligned} \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \varphi_1 d\alpha &= \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \frac{[n - \alpha(n-s) - \alpha(S-M) - M]^2}{2[N - \alpha(N-S) - \alpha(S-M) - M] \cdot [n - \alpha(n-s) - \alpha(s-m) - m]} d\alpha = \\ &= \frac{1}{2} * \left[\alpha \cdot \frac{-(S-M+n-s)^2}{(n-m)(N-M)(-1+\alpha)} + \alpha^2 \cdot \frac{(S-M+n-s)^2}{(n-m)(N-M)(-1+\alpha)} + \right. \\ &\quad \left. \frac{-(S-s)^2}{(n-m)(N-M)(-1+\alpha)} + \frac{2 \cdot (S-s) \cdot (S-M+n-s) \ln(-1+\alpha)}{(n-m)(N-M)} \right] \Bigg|_{\alpha_0}^{\alpha_1} \end{aligned} \quad (3.58)$$

Если обозначить

$$\frac{1}{2(n-m)(N-M)} = k,$$

$$S-s = q, \quad (3.59)$$

$$S-M+n-s = p,$$

то можно записать это выражение в более простом виде:

$$\int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \varphi_1 d\alpha = k \cdot \left[-\frac{p^2 \alpha^2}{(1-\alpha)} + \frac{p^2 \alpha}{(1-\alpha)} + \frac{q^2}{(1-\alpha)} + 2qp \ln(-1+\alpha) \right]_{\alpha_0}^{\alpha_1}. \quad (3.60)$$

2. Для $NPV_1 < G_1 < G_2 < NPV_2$

$$\begin{aligned} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \varphi_2 d\alpha &= \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{[\alpha(s-m) + m - \alpha(S-M) - M] + [n - \alpha(n-s) - \alpha(S-M) - M]}{2 \cdot [N - \alpha(N-S) - \alpha(S-M) - M]} d\alpha = \\ &= \left(\frac{1}{2} \alpha \cdot \frac{m - 2 \cdot M + n}{(N-M)} + \alpha \cdot \frac{S-s}{(N-M)} + \frac{\ln(-1+\alpha)(S-s)}{(N-M)} \right)_{\alpha_1}^{\alpha_2} \end{aligned} \quad (3.61)$$

3. Для $G_1 < NPV_1 < NPV_2 < G_2$

$$\begin{aligned} \int_{\alpha_2}^{\alpha_3} \varphi_3 d\alpha &= \int_{\alpha_2}^{\alpha_3} \frac{[n - \alpha(n-s) - N + \alpha(N-S)] + [n - \alpha(n-s) - \alpha(S-M) - M]}{2[n - \alpha(n-s) - \alpha(s-m) - m]} d\alpha \\ &= \left(\frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot \frac{2n - N - M}{n-m} + \alpha \cdot \frac{S-s}{n-m} + \frac{\ln(-1+\alpha)(S-s)}{n-m} \right)_{\alpha_2}^{\alpha_3} \end{aligned} \quad (3.62)$$

4. Для $NPV_1 < G_1 < NPV_2 < G_2$

$$\begin{aligned} \int_{\alpha_3}^{\alpha_4} \varphi_4 d\alpha &= \int_{\alpha_3}^{\alpha_4} \left(1 - \frac{[N - \alpha(N-S) - \alpha(s-m) - m]^2}{2[N - \alpha(N-S) - \alpha(S-M) - M] \cdot [n - \alpha(n-s) - \alpha(s-m) - m]} \right) d\alpha = \\ &= \alpha - \frac{1}{2} * \left[\alpha \cdot \frac{-(s-m+N-S)^2}{(n-m)(N-M)(-1+\alpha)} + \alpha^2 \cdot \frac{(s-m+N-S)^2}{(n-m)(N-M)(-1+\alpha)} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{-(S-s)^2}{(n-m)(N-M)(-1+\alpha)} - \frac{2 \cdot (S-s) \cdot (s-m+N-S) \ln(-1+\alpha)}{(n-m)(N-M)} \right]_{\alpha_3}^{\alpha_4} \end{aligned} \quad (3.63)$$

Или если обозначить

$$\frac{1}{2(n-m)(N-M)} = k,$$

$$S-s = q, \quad (3.64)$$

$$s-m+N-S = g,$$

то можно записать это выражение так:

$$\int_{\alpha_3}^{\alpha_4} \varphi_4 d\alpha = \left(\alpha - k \cdot \left[-\frac{g^2 \alpha^2}{(1-\alpha)} + \frac{g^2 \alpha}{(1-\alpha)} + \frac{q^2}{(1-\alpha)} - 2qg \ln(-1 + \alpha) \right] \right) \Big|_{\alpha_3}^{\alpha_4}. \quad (3.65)$$

5. Для $NPV_2 < G_1$

$$\int_{\alpha_4}^{\alpha_5} \varphi_5 d\alpha = \int_{\alpha_4}^{\alpha_5} 1 d\alpha = \alpha \Big|_{\alpha_4}^{\alpha_5} \quad (3.66)$$

Если функция $\varphi(\alpha)$ существует только на этом интервале, то степень риска будет равна единице, то есть инвестиции абсолютно точно окажутся неэффективными: $Risk = \int_0^1 1 d\alpha = 1 - 0 = 1$.

Найденные выражения (3.58 - 3.66) можно использовать непосредственно при вычислении риска неэффективности инвестиций, подставляя их в (3.52), но предварительно отыскав значения α_i .

Проще всего пояснить все сказанное на расчетном примере.

Пример. Рассмотрим инвестиционный проект «Приобретение оборудования в рамках реконструкции кормоцеха». Пусть условие эффективности проекта является нечетким числом и имеет вид $G = (-200, 0, 300)$, а $NPV = (-817, 700, 1332)$. Определить степень риска неэффективности инвестиций по проекту.

Решение. Функция принадлежности для NPV имеет вид:

$$\mu_{NPV}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq -817; \\ \frac{x + 817}{1517}, & -817 < x \leq 700; \\ \frac{1332 - x}{632}, & 700 < x \leq 1332; \\ 0 & 1322 < x. \end{cases} \quad (3.67)$$

А функция принадлежности для G будет выглядеть так:

$$\mu_G(x) = \begin{cases} 0, & x \leq -200; \\ \frac{x+200}{200}, & -200 < x \leq 0; \\ \frac{300-x}{300}, & 0 < x \leq 300; \\ 0 & 300 < x. \end{cases} \quad (3.68)$$

Графическое изображение данных нечетких чисел представлено на рис.3.7.

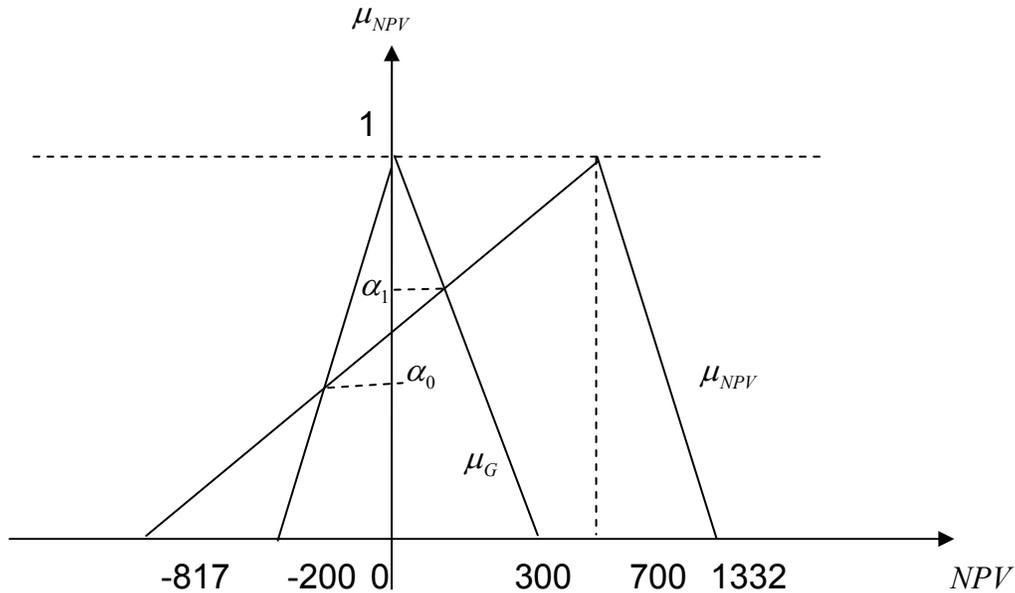


Рис. 3.7. Данные расчетного примера

Для данного соотношения нечетких чисел NPV и G функция $\varphi(\alpha)$ существует только на трех интервалах: интервале $NPV_1 < G_1 < G_2 < NPV_2$ при $\alpha \in [0; \alpha_0]$, интервале $G_1 < NPV_1 < G_2 < NPV_2$ при $\alpha \in [\alpha_0; \alpha_1]$ и интервале $G_2 < NPV_1$ при $\alpha \in [\alpha_1; 1]$. Прежде чем применить формулы для расчета степени риска проекта, нам необходимо найти величины α_0 и α_1 . Приравняв функции μ_G и μ_{NPV} на соответствующих интервалах, получим следующий результат:

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= 0,47 \text{ при } NPV = G = -106 \\ \alpha_1 &= 0,615 \text{ при } NPV = G = 116 \end{aligned} \quad (3.69)$$

На основании этих данных рассчитаем степень риска неэффективности проекта, воспользовавшись формулами (12), (20) и (21):

$$Risk = \int_0^{0.615} \varphi(\alpha) d\alpha = \int_0^{0.47} \varphi_2(\alpha) d\alpha + \int_{0.47}^{0.615} \varphi_1(\alpha) d\alpha$$

$$\int_0^{0.47} \varphi_2(\alpha) d\alpha = 0,136,$$

$$\int_{0.47}^{0.615} \varphi_1(\alpha) d\alpha = 0,0064 \quad . \quad (3.70)$$

Степень риска для данного проекта составит

$$Risk = 0.1424. \quad (3.71)$$

Если определять риск проекта **приближенным методом**, по (3.49), то надо составить таблицу сегментных интервалов, оценить риск для каждого уровня принадлежности по (3.51) и просуммировать эти риски с весом $\Delta\alpha=0.1$. Результаты расчетов сведены в табл. 3.3.

Табл. 3.3. Расчет риска приближенным методом

Alpha	NPV1	NPV2	G1	G2	Fi
0	-817	1332	-200	300	0.403
0.1	-665	1269	-180	270	0.367
0.2	-514	1206	-160	240	0.322
0.3	-362	1142	-140	210	0.264
0.4	-210	1079	-120	180	0.186
0.5	-58	1016	-100	150	0.081
0.6	93	953	-80	120	0.002
0.7	245	890	-60	90	0.000
0.8	397	826	-40	60	0.000
0.9	548	763	-20	30	0.000
1	700	700	0	0	

В итоге, в соответствии с (3.49),

$$Risk = 0.163, \quad (3.72)$$

что отличается от оценки (3.71) на 14%, а это в пределах допустимой точности. При 20, 50 и 100 сегментных интервалах оценки составляют

$$Risk = 0.152, \quad Risk = 0.146, \quad Risk = 0.144 \quad (3.73)$$

соответственно, т.е. наблюдается сходимость приближенной оценки к точной оценке (3.71).

3.5.4. Модель «треугольник + число»

Если одно из нечетких чисел вырождается в обыкновенное действительное число, то все соотношения резко упрощаются. В предыдущем параграфе приведены аналитические формы для случая вырожденного G :

$$Risk = \begin{cases} 0, & G < NPV_{\min} \\ R \times \left(1 + \frac{1-\alpha_1}{\alpha_1} \ln(1-\alpha_1) \right), & NPV_{\min} \leq G < NPV_{av} \\ 1 - (1-R) \times \left(1 + \frac{1-\alpha_1}{\alpha_1} \ln(1-\alpha_1) \right), & NPV_{av} \leq G < NPV_{\max} \\ 1, & NPV_{\max} \leq G \end{cases} \quad (3.74)$$

где

$$R = \begin{cases} \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{\max} - NPV_{\min}}, & G < NPV_{\max} \\ 1, & NPV_{\max} \leq G \end{cases}, \quad (3.75)$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & G < NPV_{\min} \\ \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{av} - NPV_{\min}}, & NPV_{\min} \leq G < NPV_{av} \\ \frac{NPV_{\max} - G}{NPV_{\max} - NPV_{av}}, & NPV_{av} \leq G < NPV_{\max} \\ 0, & NPV_{\max} \leq G \end{cases}. \quad (3.76)$$

Наоборот, если вырожденным является NPV , то мы получаем зеркальные (3.74) – (3.76) выражения:

$$Risk = \begin{cases} 0, & NPV > G_{\max} \\ R \times \left(1 + \frac{1-\alpha_1}{\alpha_1} \ln(1-\alpha_1) \right), & G_{av} \leq NPV < G_{\max} \\ 1 - (1-R) \times \left(1 + \frac{1-\alpha_1}{\alpha_1} \ln(1-\alpha_1) \right), & G_{\min} \leq NPV < G_{av} \\ 1, & G_{\min} > NPV \end{cases} \quad (3.77)$$

где

$$R = \begin{cases} \frac{G_{\max} - NPV}{G_{\max} - G_{\min}}, & NPV > G_{\min} \\ 1, & G_{\min} \geq NPV \end{cases}, \quad (3.78)$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & NPV > G_{\max} \\ \frac{G_{\max} - NPV}{G_{\max} - G_{av}}, & G_{av} \leq NPV < G_{\max} \\ \frac{NPV - G_{\min}}{G_{av} - G_{\min}}, & G_{\min} \leq NPV < G_{av} \\ 0, & NPV \leq G_{\min} \end{cases}. \quad (3.79)$$

3.5.5. Модель «треугольник + интервал»

На рис 3.8 схематически изображена ситуация, когда NPV – треугольное число, а G – интервал. Ситуация, прямо скажем, типичная: есть бюджет проекта с некоторым разбросом, а что касается нормативов эффективности проекта, то владелец проекта серьезно затрудняется с их определением. С одной стороны он, вроде, может позволить проекту быть убыточным определенное время (например, когда проект ставит своей целью обретение временной монополии и увеличение доли товара на рынке путем демпинга, с выдавливанием слабых конкурентов). С другой стороны, хозяин проекта не до конца понимает, сколько времени подобная убыточность может сопровождать проект. В итоге рождается интервальная оценка предельно низкого NPV.

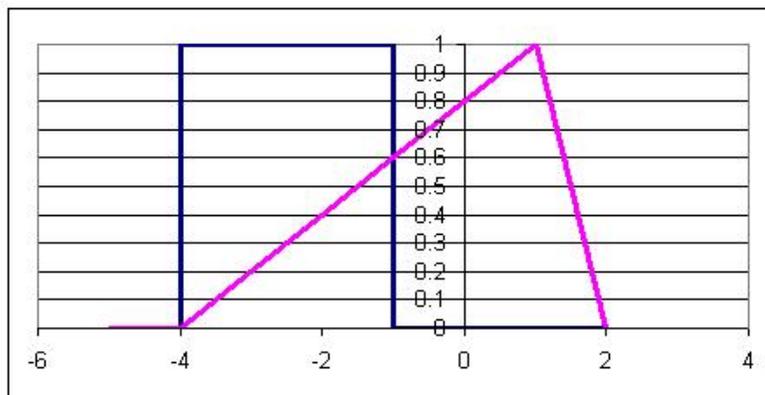


Рис. 3.8. Модель «треугольник + интервал»

Можно получить компактные аналитические соотношения в важном частном случае, когда для всех уровней принадлежности выполняется условие

$$G_1 < NPV_1 < G_2 < NPV_2. \quad (3.80)$$

Тогда выполняется

$$\varphi(\alpha) = \frac{(G_{\max} - NPV_1(\alpha))^2}{2(G_{\max} - G_{\min})(NPV_2(\alpha) - NPV_1(\alpha))}, \quad (3.81)$$

где

$$NPV_2(\alpha) = NPV_{\max} - \alpha(NPV_{\max} - NPV_{av}), \quad (3.82.1)$$

$$NPV_1(\alpha) = NPV_{\min} + \alpha(NPV_{av} - NPV_{\min}). \quad (3.82.2)$$

Интегрируя (3.81) по α , по аналогии с выкладками для двух треугольных нечетких чисел, мы приходим к выражению для интегральной меры риска. Полный вывод формул для оценки риска мы оставляем пытливому читателю.

3.6. Планфактный контроль проекта

Как показано в [4], по мере реализации инвестиционного проекта неопределенность проекта снижается до нуля, и однажды становится понятным, оказался ли проект эффективным или, наоборот, убыточным. Риск благоприятно протекающего проекта уменьшается в пределе до нуля, риск неблагоприятно протекающего проекта, тяготеющего к некупаемости, - растет в пределе до 100%.

В связи с этим целесообразно наблюдать динамику риска проекта во времени, от интервала к интервалу планирования, т.е. осуществлять планфактный контроль проекта по фактору риска, с перерасчетом всех параметров проекта в интервальной форме.

Переход риск-статуса проекта от приемлемого к пограничному (как эти статусы представлены в табл. 3.1) сопровождается алертом, т.е. тревожный сигнал о том, что риск проекта недопустимо возрастает. Такой алерт может подтолкнуть держателя проекта к экстренным мерам в отношении проекта, в том числе к выходу из него, с отсечением убытков.

В любом случае, проджект-менеджер получает в лице представленной модели эффективный инструмент для управления проектным риском.

3.7. Гибридная модель денежных потоков инвестиционного проекта и оценка риска

Нечеткая функция выручки есть не что иное, как **сборка** точечных сценариев будущих событий, причем каждому сценарию соответствует своя мера возможности. Таким образом, простейшие точечные сценарии как бы ассимилируются в модели более высокого уровня сложности. Однако в ряде случаев такая ассимиляция невозможна или нецелесообразна. Например, в рамках

ответа на вопрос «Что, если реклама продукта будет недостаточно эффективной?» может быть получена **альтернативная** нечеткая функция выручки, серьезно отличающаяся от того же для варианта, когда реклама принесет свои плоды.

Таким образом, усложнение модели состоит в следующем. Мы рассматриваем не отдельное нечеткое число NPV или IRR проекта, но дискретное вероятностное распределение нечетких чисел NPV или IRR, при этом сами вероятности отдельных сценариев определяются на основе дополнительных соображений (это канонический подход, если бы не нечеткие описания, лежащие в ее основе). Указанному дискретному вероятностному распределению нечетких чисел эффектов соответствует распределение рисков проектов, отвечающее этим эффектам (**риск-распределение**).

В случае такого модельного задания имеет смысл говорить о **средневзвешенном уровне риска**, который определяется как матожидание распределения рисков, а также о **риск-дисперсии** как об отклонении от среднего значения. Здесь имеет место классическая вероятностная модель, которая, впрочем, может быть легко фузифицирована, с переходом к нечетким вероятностным описаниям.

3.8. Выводы по главе 3

Изложение главы демонстрирует, как нечетко-множественные модели денежных потоков проекта, представляющие собой свертку точечных сценариев этих потоков, дают основания для оценки риска проекта. Варьируя нормативное ограничение и исследуя уровень риска, мы переходим к категории риск-функции проекта. По виду этой функции можно судить, какой уровень риска следует считать допустимым, а какой – критичным. «Допустимый», «критичный» - это, в конце концов, тоже слова, требующие конкретизации. Эту конкретизацию можно производить четко, как в нашем изложении, а можно прибегнуть к нечеткой классификации, и здесь все зависит от вкусов аналитика, от его дотошности.

Если мы научились измерять риск проекта, то есть на чем строить риск-менеджмент проекта. Нормальное протекание проекта сопровождается снижением уровня неопределенности и – если планирование было успешным – монотонным снижением уровня риска проекта. В противном случае риск проекта однажды достигнет пограничного уровня, и это не что иное как тревожный сигнал для владельца проекта. Если параметры проекта поддаются коррекции, то это необходимо сделать, минимизируя предстоящие затраты. Если коррекция невозможна, то в плане проекта нужно искать точку выхода из проекта, которой соответствует минимум полных убытков, понесенных владельцем проекта.

Форма нечетких чисел, представляющих ожидаемые денежные потоки в модели, может быть совершенно произвольной. В любом случае мы можем

оценить риск проекта, точно или приближенно. Для фиксированного граничного уровня эффективности проекта анализ риска этого проекта может быть произведен с помощью калькулятора IRC[®] [34], лежащего в свободном доступе в сети Интернет.

4. Оценка риска бизнес-портфеля корпорации

4.1. Стратегическое планирование с использованием нечетко-множественных описаний

4.1.1. Введение

Крупные многопрофильные компании (далее по тексту монографии – Корпорации), проводящие согласованный бизнес по всему миру, очень часто применяют в стратегическом планировании матричную структуру. По строкам такой матрицы расположены страны, где ведется бизнес, а по столбцам – направления бизнеса, являющиеся для Корпорации профильными. На пересечении строки и столбца формируется бизнес-единица с двойным подчинением: региональному менеджменту, с одной стороны, и руководству бизнес-направления Корпорации, с другой стороны.

Специфика стратегического планирования в таких сложных экономических системах, как Корпорации, состоит в оптимизации одновременно двух бизнес-портфелей: регионального портфеля и портфеля направлений. При этом:

- в качестве критериев оптимизации портфелей выступают не только классические факторы экономической эффективности (продажи, прибыль, экономическая добавленная стоимость и т.д.), но и факторы ожидаемых перспектив бизнеса, рассматриваемые с точки зрения его жизненного цикла;
- стратегическое планирование носит многоуровневый характер и протекает, с одной стороны, на уровнях региональных сообществ Корпорации, а, с другой стороны, - на уровнях бизнес-направлений Корпорации;
- планирование развивается в условиях максимума неопределенности относительно рыночных факторов. При этом присутствует неопределенность двух видов: а) неопределенность при качественном распознавании текущего количественного уровня факторов; б) неопределенность прогнозных значений параметров стратегического плана.

Разумеется, нет никаких препятствий для того, чтобы моделировать процесс принятия решений Корпорацией на основе нечетко-множественных описаний, что мы и продемонстрируем в этой последней главе нашей монографии.

Для примера рассмотрим простейший стратегический план регионального сообщества Корпорации за текущий финансовый год в предположении, что само региональное сообщество (далее по тексту статьи - Компания) представляет собой трехуровневую иерархическую систему: Компания содержит в своем составе несколько департаментов (бизнес-единицы в стратегическом плане Корпорации), а

в сами департаменты входят несколько локальных однопрофильных бизнес-направлений. Стратегическое планирование в Компании проводится на всех трех уровнях: по локальным бизнес-направлениям, по департаментам и по Компании в целом. При этом целесообразно, чтобы для безболезненного агрегирования информации структура планов на всех выделенных уровнях иерархии была однотипной.

В состав стратегического плана обычно включаются следующие основные блоки:

- макроэкономический блок, описывающий внешнее окружение бизнеса;
- маркетинговый блок, описывающий рынок бизнесов и конкуренцию на нем;
- финансовый блок, в котором собраны все финансовые показатели планируемого объекта;
- блок решений, в котором фиксируются мероприятия по совершенствованию бизнеса, сроки их проведения и ответственные лица.

Далее по ходу изложения мы рассмотрим характерные и вполне уместные варианты применения нечетких описаний для каждого выделенного блока (за исключением блока решений, где математика уже не участвует).

4.1.2. Макроэкономический блок. PETS-анализ

В ходе первичного анализа макроэкономического окружения бизнеса часто применяется четырехсоставная PETS-модель (**P** – Political & Legal, **E** – Economic, **T** – Technological, **S** – Social) по группам условий: политические и правовые, экономические, технологические и социальные соответственно.

В модели рассматривается возможность (ожидаемость) возникновения событий соответствующей направленности, которые рассматриваются как возможность или риск для данного бизнеса. Часто руководителей бизнеса, ответственных за разработку стратегического плана, менеджеры высших звеньев склоняют к тому, чтобы определять вероятности наступления событий количественно. Конечно, для такой количественной оценки нет никаких оснований. Сам термин «вероятность» в таком употреблении не выдерживает критики, потому что единичные неоднородные по происхождению события не обладают статистикой, и говорить о частоте их возникновения невозможно.

Сразу же напрашиваются два способа внедрения нечетких описаний в PETS-модель:

- замена «вероятности» **ожидаемостью**, выраженной в качественных терминах «очень низкая ожидаемость», «низкая ожидаемость», «средняя ожидаемость», «высокая ожидаемость», «очень высокая ожидаемость». При этом самой ожидаемости не может быть сопоставлен количественный носитель;

- замена бинарной шкалы «возможность/риск для бизнеса» шкалой на 5 состояний: «скорее, возможность», «предположительно, возможность», «неопределенность», «предположительно, риск», «скорее, риск».

Формирование поля событий (и их оценка) может производиться на основе экспертного опроса.

4.1.3. Маркетинговый блок. Анализ сильных и слабых сторон бизнеса

Для оценки сильных и слабых сторон бизнеса (SWOT-анализ, S- Strength, W- Weakness, O – Opportunities, T – Threats) можно использовать как количественные, так и качественные шкалы.

Введем двухуровневую шкалу, содержащую ряд **базовых факторов**, которые в свою очередь, характеризуются наборами своих **составляющих факторов**. В качестве базовых факторов, характеризующих силу/слабость бизнеса, можно выбрать следующие: Техника, Качество, Затраты, Продажи, Цены, Сервис, Логистика. Составляющими факторами, например, по фактору «Продажи», являются: доступ к сложившимся каналам продаж, региональное присутствие, доступ к ключевым потребителям, реклама, квалификация персонала и т.д.

Введем лингвистическую переменную **«Уровень фактора»** с подмножествами «Очень низкий уровень», «Низкий уровень», «Средний уровень», «Высокий уровень», «Очень высокий уровень» и введем **носитель x** – отрезок вещественной оси $[0,1]$ (далее по тексту – **01-носитель**), на котором определим набор функций принадлежности по всем выделенным подмножествам лингвистической переменной **«Уровень фактора»**. Целесообразно, как мы уже упоминали, чтобы такие функции принадлежности имели **трапециевидальный вид**. Верхнему основанию трапеции соответствует 100%-ая уверенность эксперта в принадлежности уровня фактора выбранному нечеткому подмножеству (проекция верхнего основания трапеции на область определения носителя образует **интервал достоверности**). По мере удаления от интервала достоверности уверенность эксперта в классификации снижается до нуля, что выражают боковые ребра трапеции. Проекция этих ребер на область определения носителя дает два интервала неуверенности. Все остальные интервалы в области определения носителя формируют **объединенный интервал недостоверности** (эксперт 100%-но уверен, что эти уровни **не** принадлежат данному нечеткому подмножеству). Пример такой нечеткой классификации, представлен на рис. 4.1 (будем далее называть такую классификацию **стандартной нечеткой пятиуровневой 01-классификацией**).

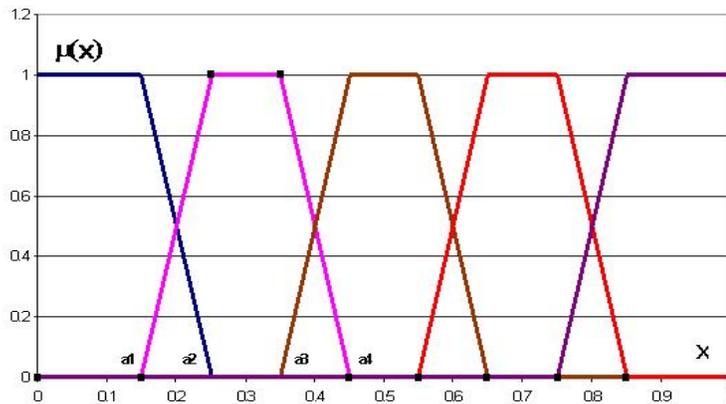


Рис. 4.1. Функции принадлежности лингвистической переменной «Уровень фактора»

Если определить по каждому составляющему фактору его уровень количественно (от 0 до 1), то уровень базового фактора может быть определен как количественно, так и качественно по матричному принципу, суть которого состоит в следующем [4]. Пусть по строкам матрицы отложены составляющие факторы, а по столбцам – их уровни, выраженные соответствующим набором функций принадлежности. Тогда интегральный показатель силы/слабости бизнеса по базовому i -му фактору определяется как двойная свертка:

$$SW_i = \sum_{(j)} p_{ij} \sum_{k=1}^5 \alpha_k \mu_{ijk}(x_j), \quad (4.1)$$

где x_j – количественное значение j -го составляющего фактора, p_{ij} – вес j -го составляющего фактора в оценке силы/слабости бизнеса по базовому i -му фактору, μ_{ijk} – значение k -ой функции принадлежности при определении уровня j -го составляющего фактора (всего функций пять, по числу подмножеств), $\alpha_k = 0.1 \cdot k$ – набор весов состояний в интегральной свертке (так называемые **узловые точки**, равномерно нанесенные на 01-носитель).

Причем выполняется:

$$\sum_{k=1}^5 \mu_{ijk}(x) = 1 \quad (4.2)$$

для любых значений носителя x , и система весов показателей должна в сумме давать единицу:

$$\sum_{(j)} p_{ij} = 1. \quad (4.3)$$

В силу (4.1) – (4.3) выполняется условие $0 \leq SW_i \leq 1$, и поэтому полученное значение можно распознать по общим правилам, определенным для 01-носителя.

Изложенный матричный принцип будем здесь и далее называть **стандартным принципом матричной оценки уровня фактора**.

Рассмотрим пример. Пусть базовый фактор определен двумя составляющими факторами с весами 0.6 и 0.4, причем уровень первого составляющего фактора определен экспертом как 0.8, а уровень второго составляющего фактора – как 0.5. Требуется качественно определить уровень базового фактора.

Решение. Возьмем за основу набор функций принадлежности вида рис. 4.1. Функция принадлежности подмножества «Высокий уровень фактора», определенная на 01-носителе x , имеет следующий аналитический вид:

$$\mu_4(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.55 \\ 10(x - 0.55), & 0.55 \leq x < 0.65 \\ 1, & 0.65 \leq x < 0.75 \\ 10(0.85 - x), & 0.75 \leq x < 0.85 \\ 0, & 0.85 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (4.4)$$

В свою очередь, функция принадлежности подмножества «Средний уровень фактора» имеет следующий аналитический вид:

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.35 \\ 10(x - 0.35), & 0.35 \leq x < 0.45 \\ 1, & 0.45 \leq x < 0.55 \\ 10(0.65 - x), & 0.55 \leq x < 0.65 \\ 0, & 0.65 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (4.5)$$

Соответственно, распознавание уровня дает, что первый составляющий фактор со степенью уверенности 0.5 является высоким, и с той же уверенностью – очень высоким. Распознавание уровня второго составляющего фактора дает однозначное признание этого уровня средним.

Чтобы оценить силу/слабость бизнеса по базовому фактору, составим таблицу для вычисления SW по формуле (4.1) (таблица 4.1).

Таблица 4.1. Матрица для оценки SW

Факторы	Веса	Функции принадлежности для уровней составляющих факторов:				
		Очень низкий (μ_1)	Низкий (μ_2)	Средний (μ_3)	Высокий (μ_4)	Очень высокий (μ_5)
1	0.6	0	0	0	0.5	0.5
2	0.4	0	0	1	0	0
Веса уровней		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9

Тогда расчет по (4.1) дает:

$$SW = 0.6*(0.5*0.7+0.5*0.9) + 0.4*1*0.5 = 0.68, \quad (4.6)$$

что при распознавании по формуле (4.4) позиционирует уровень SW на 100% как **высокий**.

Изложение примера завершено. Аналогичным образом можно осуществить матричную свертку при переходе от частных показателей силы/слабости бизнеса по базовым факторам к интегральному показателю силы/слабости бизнеса. Нужно только определить веса базовых факторов в интегральной оценке.

4.1.4. Маркетинговый блок. Двумерный анализ «конкурентоспособность – перспективность»

Пусть мы имеем два интегральных измерителя бизнеса: конкурентоспособность бизнеса и его перспективность. Тогда мы можем проводить анализ в рамках модели Shell/DPM 3x3, имеющей высокое практическое значение для стратегического планирования [1, 33]. Главный вывод, который можно сделать на основе модели – это позиционировать бизнес и тем самым определить его место и роль в совокупном портфеле бизнесов Компании.

Конкурентоспособность (А) можно измерять на основе следующих базовых факторов:

- соотношение доли бизнеса и доли основного конкурента (RCP – Relative Competitive Position) – a_1 ;
- узнаваемость имени Компании – a_2 ;
- сила бренда бизнеса/Компании – a_3 ;
- развитость дистрибьюторской сети – a_4 ;
- технологические позиции бизнеса – a_5 .

Перспективность бизнеса (В) можно измерять на основе следующих базовых факторов:

- доля бизнеса в структуре департамента Компании – b_1 ;
- темпы роста бизнеса – b_2 ;

- интенсивность конкуренции с бизнесом на открытом рынке – b_3 ;
- прибыльность бизнеса – b_4 ;
- чувствительность бизнеса к бизнес-циклам – b_5 .

Всем перечисленным базовым факторам a_i , b_j можно сопоставить 01-носитель. Если исторически эти факторы измеряются на основе другой количественной шкалы (например, от 1 до 5), то можно совершить переход от существующей шкалы к 01-носителю на основе простого линейного преобразования.

Количественную оценку интегральных факторов А и В можно проводить по формуле (4.1) (стандартная матричная схема оценки), но для распознавания уровня этих факторов следует применять не стандартную пятиуровневую 01-классификацию (рис. 4.1), а **трехуровневую 01-классификацию** (рис. 4.2), с подмножествами «Низкий уровень, Средний уровень, Высокий уровень» лингвистической переменной «**Уровень фактора**». Переход от пяти уровней к трем обусловлен тем, что модель Shell/DDM имеет размерность 3x3 (всего 9 позиций бизнеса).

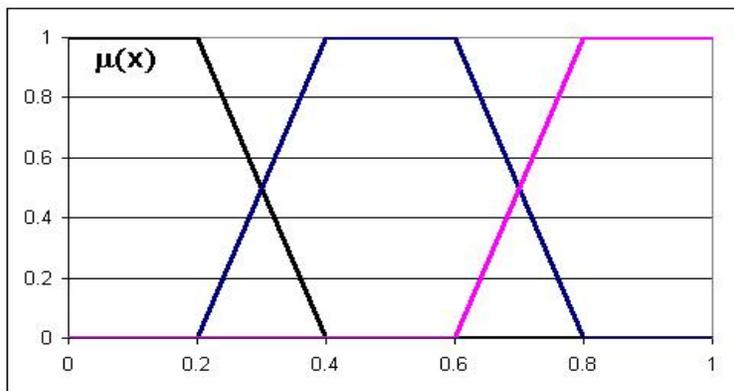


Рис. 4.2. Трехуровневая 01-классификация

Веса базовых факторов в интегральной оценке выбираются на основе дополнительных соображений. Одним из таких соображений может выступить принцип Фишберна, который мы уже обсуждали в главе 2 монографии.

Рассмотрим пример. Пусть интегральный фактор А бизнеса определен пятью базовыми факторами с системой весов и количественными уровнями, установленными таблицей 4.2, а интегральный фактор В этого же бизнеса определен пятью базовыми факторами с системой весов и количественными уровнями, установленными таблицей 4.3. Требуется качественно определить уровни интегральных факторов А и В на основании трехуровневой 01-классификации.

Таблица 4.2. Матрица для оценки интегрального фактора А

Факторы	Веса	Функции принадлежности для уровней составляющих факторов:				
		Очень низкий (μ_1)	Низкий (μ_2)	Средний (μ_3)	Высокий (μ_4)	Очень высокий (μ_5)
a ₁	0.3	0	1	0	0	0
a ₂	0.15	0	0	0	0	1
a ₃	0.15	0	0	0	1	0
a ₄	0.2	0	0	0	1	0
a ₅	0.2	0	0	0	0	1
Веса уровней		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9

Таблица 4.3. Матрица для оценки интегрального фактора В

Факторы	Веса	Функции принадлежности для уровней составляющих факторов:				
		Очень низкий (μ_1)	Низкий (μ_2)	Средний (μ_3)	Высокий (μ_4)	Очень высокий (μ_5)
b ₁	0.15	0	0	0	0	1
b ₂	0.3	0	1	0	0	0
b ₃	0.15	0	0	1	0	0
b ₄	0.25	0	0	0	1	0
b ₅	0.15	0	0	0	1	0
Веса уровней		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9

Решение. При распознавании мы взяли за основу набор функций принадлежности вида рис. 4.2. Функция принадлежности подмножества «Высокий уровень фактора», определенная на 01-носителе x , имеет следующий аналитический вид:

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.6 \\ 5(x - 0.6), & 0.6 \leq x < 0.8 \\ 1, & 0.8 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (4.7)$$

В свою очередь, функция принадлежности подмножества «Средний уровень фактора» имеет следующий аналитический вид:

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.2 \\ 5(x - 0.2), & 0.2 \leq x < 0.4 \\ 1, & 0.4 \leq x < 0.6 \\ 5(0.8 - x), & 0.6 \leq x < 0.8 \\ 0, & 0.8 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (4.8)$$

Соответственно, выполняется:

$$\mu_1(x) = 1 - \mu_2(x) - \mu_3(x) . \quad (4.9)$$

Расчет по (1) применительно к таблицам 2 и 3 дает:

$$A = 0.3 \cdot 0.3 + 0.15 \cdot 0.9 + 0.15 \cdot 0.7 + 0.2 \cdot 0.7 + 0.2 \cdot 0.9 = 0.65, \quad (4.10)$$

$$B = 0.15 \cdot 0.9 + 0.3 \cdot 0.3 + 0.15 \cdot 0.5 + 0.25 \cdot 0.7 + 0.15 \cdot 0.7 = 0.58, \quad (4.11)$$

что при распознавании по формулам (4.7), (4.8) позиционирует:

- уровень A на 25% как **высокий** и на 75% как **средний**;
- уровень B на 100% как **средний**.

Изложение примера завершено. Теперь, распознав уровни A и B, можно позиционировать бизнес в соответствии с моделью Shell/DDM. В таблицу 4.4 сведены позиции модели [1, 33] и возможные стратегии ведения бизнеса.

Схематически позиции модели представлены на рис. 4.3. Мы видим, что по условиям расчетного примера оцениваемый бизнес позиционируется по строке 5 таблицы 4.4 «Продолжать бизнес с осторожностью». При этом некоторое смещение в область высокой конкурентоспособности (A^+) говорит о том, что бизнес имеет нарастающие конкурентные преимущества, что, при наличии осторожных инвестиций, может позволить ему занять большую долю рынка продаж, т.е. увеличить массу прибыли.

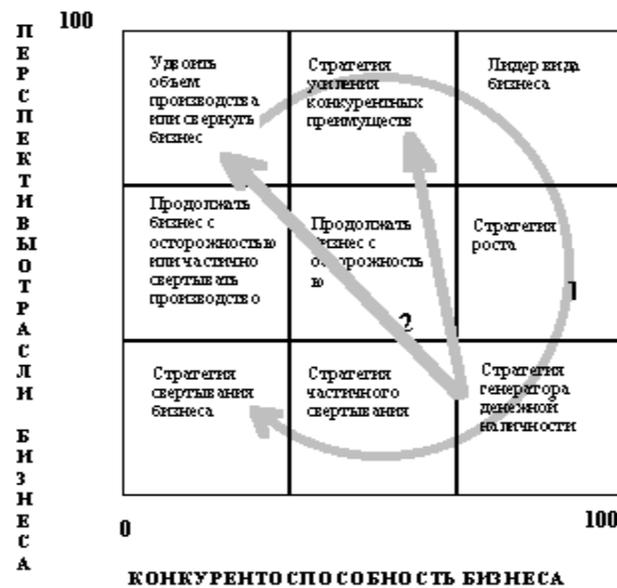


Рис. 4.3. Позиционная матрица 3x3. Источник: [3]

Таблица 4.4. Позиции бизнеса в соответствии с моделью Shell/DDM

№	Уровни факторов по показателям		Наименование позиции и краткая характеристика	Возможные стратегии бизнеса
	А	В		
1	В	В	<p>Лидер бизнеса Отрасль привлекательна и предприятие имеет в ней сильные позиции, являясь лидером; потенциальный рынок велик, темпы роста рынка - высокие; слабых сторон предприятия, а также явных угроз со стороны конкурентов не отмечается.</p>	<p>Продолжать инвестирование в бизнес, пока отрасль продолжает расти, для того, чтобы защитить свои ведущие позиции; потребуются большие капиталовложения (больше, чем может быть обеспечено за счет собственных активов); продолжать инвестировать, поступаясь сиюминутной выгодой во имя будущих прибылей.</p>
2	В	Ср	<p>Стратегия роста Отрасль умеренно привлекательна, но предприятие занимает в ней сильные позиции. Такое предприятие является одним из лидеров, находящихся в зрелом возрасте жизненного цикла данного бизнеса. Рынок является умеренно растущим или стабильным с хорошей нормой прибыли и без присутствия на нем какого-либо другого сильного конкурента.</p>	<p>Стараться сохранить занимаемые позиции; позиция может обеспечивать необходимые финансовые средства для самофинансирования и давать также дополнительные деньги, которые можно инвестировать в другие перспективные области бизнеса.</p>
3	В	Н	<p>Стратегия генератора денежной наличности Предприятие занимает достаточно сильные позиции в непривлекательной отрасли. Оно, если не лидер, то один из лидеров здесь. Рынок является стабильным, но сокращающимся, а норма прибыли в отрасли - снижающейся. Существует определенная угроза и со стороны конкурентов, хотя продуктивность предприятия высока, а издержки низки.</p>	<p>Бизнес, попадающий в эту клетку, является основным источником дохода предприятия. Поскольку никакого развития данного бизнеса в будущем не потребуется, то стратегия состоит в том, чтобы делать незначительные инвестиции, извлекая максимальный доход.</p>

4	Ср	В	<p>Стратегия усиления конкурентных преимуществ</p> <p>Предприятие занимает среднее положение в привлекательной отрасли. Поскольку доля рынка, качество продукции, а также репутация предприятия достаточно высоки (почти такие же как и у отраслевого лидера), то предприятие может превратиться в лидера, если разместит свои ресурсы надлежащим образом. Перед тем, как нести какие-либо издержки в данном случае необходимо тщательно проанализировать зависимость экономического эффекта от капиталовложений в данной отрасли.</p>	<p>Инвестировать, если бизнес-область стоит того, делая при этом необходимый детальный анализ инвестиций; чтобы переместиться в позицию лидера, потребуются большие инвестиции; бизнес-область рассматривается как весьма подходящая для инвестирования, если она может обеспечить усиление конкурентных преимуществ. Необходимые инвестиции будут больше, чем ожидаемый доход, и поэтому могут потребоваться дополнительные капиталовложения для дальнейшей борьбы за свою долю рынка.</p>
5	Ср	Ср	<p>Продолжать бизнес с осторожностью</p> <p>Предприятие занимает средние позиции в отрасли со средней привлекательностью. Никаких особых сильных сторон или возможностей дополнительного развития у предприятия не существует; рынок растет медленно; медленно снижается среднеотраслевая норма прибыли.</p>	<p>Инвестируйте осторожно и небольшими порциями, будучи уверенным, что отдача будет скорой и постоянно проводите тщательный анализ своего экономического положения.</p>
6	Ср	Н	<p>Стратегия частичного свертывания</p> <p>Предприятие занимает средние позиции в непривлекательной отрасли. Никаких особо сильных сторон и фактически никаких возможностей для развития у предприятия нет; рынок непривлекателен (низкая норма прибыли, потенциальные излишки производственных мощностей, высокая плотность капитала в отрасли).</p>	<p>Поскольку маловероятно, что, попадая в эту позицию, предприятие будет продолжать зарабатывать существенный доход, постольку предлагаемой стратегией не развивать данный вид бизнеса, а постараться превратить физические активы и положение на рынке в денежную массу, а затем использовать собственные ресурсы для освоения более перспективного бизнеса.</p>
7	Н	В	<p>Удвоить объём производства или свернуть бизнес”</p> <p>Предприятие занимает слабые позиции в привлекательной отрасли.</p>	<p>Инвестировать или покинуть данный бизнес. Поскольку попытка улучшить конкурентные позиции такого предприятия посредством атаки по широкому фронту потребовала бы очень больших и рискованных инвестиций,</p>

				<p>постольку она может быть предпринята только после детального анализа. Если устанавливается, что предприятие способно бороться за лидирующие позиции в отрасли, тогда стратегическая линия “удвоение”. В противном случае, стратегическим решение должно быть решение оставить данный бизнес.</p>
8	Н	Ср	<p>Продолжать бизнес с осторожностью или частично свёртывать производство” Предприятие занимает слабые позиции в умеренно привлекательной отрасли.</p>	<p>Никаких инвестиций; всё управление должно быть сориентировано на баланс потока денежной наличности; стараться удерживаться в данной позиции до тех пор, пока она приносит прибыль; постепенно сворачивать бизнес.</p>
9	Н	Н	<p>Стратегия свертывания бизнеса” Предприятие занимает слабые позиции в непривлекательной отрасли.</p>	<p>Поскольку компания, попадающая в эту клетку, в целом теряет деньги, необходимо сделать все усилия, чтобы избавиться от такого бизнеса, и чем скорее, тем лучше.</p>

4.1.5. Финансовый блок. Бизнес-план

Как мы показали в главе 3 работы, все финансовые показатели за ряд лет в бизнес-плане уместно представлять в виде треугольно-нечетких последовательностей, характеризующих оптимистические, пессимистические и наиболее ожидаемые финансовые сценарии. Результирующие показатели бизнес-плана по итогам ряда лет (NPV, EVA нарастающим итогом, IRR и др.) приобретают в этой постановке задачи треугольно-нечеткий вид. Соответственно, это позволяет **оценить риски** - инвестиционной деятельности, срыва финансовых обязательств и т.д. – по формуле Недосекина-Воронова из главы 3. Например, если результирующий треугольный показатель $Z = \{Z_{\min}, Z_{av}, Z_{\max}\}$ в момент времени t должен быть больше уставочного значения $P(t)$, то риск обратного события вычисляется по формуле:

$$\text{Risk}(t) = \begin{cases} 0, & P(t) < Z_{\min}(t) \\ R \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)\right), & Z_{\min}(t) \leq P(t) < Z_{av}(t) \\ 1 - (1 - R) \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)\right), & Z_{av}(t) \leq P(t) < Z_{\max}(t) \\ 1, & P(t) \geq Z_{\max}(t) \end{cases} \quad (4.12)$$

где

$$R = \begin{cases} \frac{P(t) - Z_{\min}(t)}{Z_{\max}(t) - Z_{\min}(t)}, & P(t) < Z_{\max}(t) \\ 1, & P(t) \geq Z_{\max}(t) \end{cases}, \quad (4.13)$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & P(t) < Z_{\min}(t) \\ \frac{P(t) - Z_{\min}(t)}{Z_{av}(t) - Z_{\min}(t)}, & Z_{\min}(t) \leq P(t) < Z_{av}(t) \\ 1, & P(t) = Z_{av}(t) \\ \frac{Z_{\max}(t) - P(t)}{Z_{\max}(t) - Z_{av}(t)}, & Z_{av}(t) < P(t) < Z_{\max}(t) \\ 0, & P(t) \geq Z_{\max}(t) \end{cases}. \quad (4.14)$$

В простейшем случае, для треугольно-симметричных результирующих факторов, можно использовать простейшую формулу для оценки риска. Пусть

$$Z_{av} = (Z_{\max} + Z_{\min})/2, \Delta = Z_{av} - Z_{\min} = Z_{\max} - Z_{av}, Z = Z_{av} \pm \Delta, \lambda = Z_{av}/\Delta. \quad (4.15)$$

Тогда (4.12) – (4.14) приобретает компактный вид:

$$\text{Risk} = \frac{1}{2} + \frac{\lambda}{2}(\ln\lambda - 1). \quad (4.16)$$

4.2. Оптимизация бизнес-портфеля корпорации

В практике стратегического управления компаниями постоянно возникает задача оптимизации портфеля бизнесов по направлениям деятельности. Эта задача по смыслу аналогична задаче оптимизации фондового портфеля, но должна решаться на иной научной основе. Несовпадение заключается в том, что если в случае фондового портфеля мы можем допускать статистическую или квазистатистическую природу фондовых индексов и связи этих случайных процессов, то в корпоративном бизнесе на такую статистику (и на отвечающие ей вероятностные распределения) рассчитывать не приходится. Возможно лишь говорить об определенных ожиданиях, связанных с доходностью и риском соответствующих бизнес-проектов.

Пусть менеджмент компании сформировал портфель, состоящий из N бизнес-направлений, который будет существовать определенный период времени T . При этом по каждому направлению за этот период планируется осуществить полные инвестиционные затраты, которые будут состоять из стартовых инвестиционных затрат (здания, сооружения, оборудование, лицензии и т.д.) и переходящих затрат чистого оборотного капитала (неснижаемый остаток запасов сырья, материалов, готовой продукции, разрыв между дебиторской и кредиторской задолженностью и т.д.). Если полные затраты по портфелю принять за $C = \text{const}$, то долю затрат на i -ый бизнес обозначим как

$$C_i = x_i \times C, \quad i = 1..N, \quad \sum_{i=1}^N x_i = 1 \quad (4.17)$$

Тогда эффективность бизнеса может быть измерена на основе традиционного показателя ROI (return on investments) по формуле

$$\text{ROI}_i = \frac{E_i - C_i}{C_i \times T}, \quad (4.18)$$

где E_i – интегральный эффект от ведения бизнеса за период существования портфеля (например, все продажи за период за вычетом налога на добавленную стоимость), T – период существования бизнес-портфеля, в годах. Тогда ROI измеряется в процентах годовых.

Пусть также определено заранее (на основании данных бизнес-планирования), что если увеличивать долю затрат по i -му бизнесу с $a_i \times C$ до $b_i \times C$,

то доходность бизнеса ROI будет изменяться в интервале от $ROI_{i \min}$ до $ROI_{i \max}$.
Ограничение

$$0 \leq a_i \leq x_i \leq b_i \leq 1 \quad (4.19)$$

вытекает из рациональных условий ведения бизнеса и определяется менеджментом компании из дополнительных соображений. Например, выведение чистого оборотного капитала из бизнеса умертвит его; однако в проекте останется постоянный инвестиционный капитал (неснижаемые инвестиционные затраты бизнес-проекта), который не будет использован, в результате чего доходность такого бизнеса будет отрицательной. Наоборот, необоснованное избыточное финансирование бизнес-проекта может привести к тому, что инвестированные средства будут не успевать оборачиваться, и рост интегрального эффекта бизнеса прекратится, что приведет к снижению доходности проекта, в том числе до отрицательных значений. Таким образом, на основании анализа бизнес-планов менеджмент компании определяет рациональные условия хозяйствования, которые описываются условием (4.19).

Из (4.18) следует

$$E_i = C_i \times (1 + ROI_i \times T). \quad (4.20)$$

Тогда интегральный эффект по всем бизнесам портфеля:

$$E = \sum_{i=1}^N E_i = C \sum_{i=1}^N x_i (1 + ROI_i \times T) = C(1 + \sum_{i=1}^N x_i \times ROI_i \times T), \quad (4.21)$$

и тогда доходность бизнес портфеля определяется простым соотношением

$$\begin{aligned} ROI &= \frac{E - C}{C \times T} = \sum_{i=1}^N x_i ROI_i, \\ ROI_{\min} &= \sum_{i=1}^N x_i ROI_{i \min}, \\ ROI_{\max} &= \sum_{i=1}^N x_i ROI_{i \max}. \end{aligned} \quad (4.22)$$

Введем в модель норматив доходности бизнес-портфеля, ROI_p , который представляет собой нижнюю границу доходности бизнес-портфеля (обычно такой норматив устанавливает собственник компании, который заинтересован в надлежащей отдаче на инвестированный капитал). Для условий европейских корпоративных инвестиций характерным значением ROI_p является 8..10% годовых в евро (это соответствует доходности по депозитам в банках среднего уровня надежности, в высоконадежных банках процент по депозиту ниже).

Если по итогам существования бизнес портфеля выполнено условие $ROI < ROI_p$, то имеет место невыполнение требований собственника.

Соответственно, инвестиции в бизнес-портфель следует считать неэффективными, а ожидание события срыва плана по доходности инвестиций бизнес-портфеля можно назвать риском портфеля. Показатель, характеризующий ожидание такого рода, обозначим как Risk.

Если интерпретировать интервальное значение $[ROI_{\min}, ROI_{\max}]$ как треугольно-симметричное нечеткое число, то риск события $ROI < ROI_p$ или эквивалентного события $ROI - ROI_p < 0$) определяется по формуле:

$$Risk = \begin{cases} 1, \lambda \leq -1 \\ \frac{1}{2} + \frac{\lambda}{2} \{\ln(-\lambda) - 1\}, \lambda = -1..0 \\ 0.5, \lambda = 0 \\ \frac{1}{2} + \frac{\lambda}{2} (\ln \lambda - 1), \lambda = 0..1 \\ 0, \lambda \geq 1 \end{cases}, \quad (4.23)$$

где

$$\lambda = \frac{(ROI_{\min} + ROI_{\max})/2 - ROI_p}{(ROI_{\min} + ROI_{\max})/2 - ROI_{\min}}. \quad (4.24)$$

На рис. 4.4 представлена зависимость (4.23), которую уместно назвать риск-функцией бизнес-портфеля.

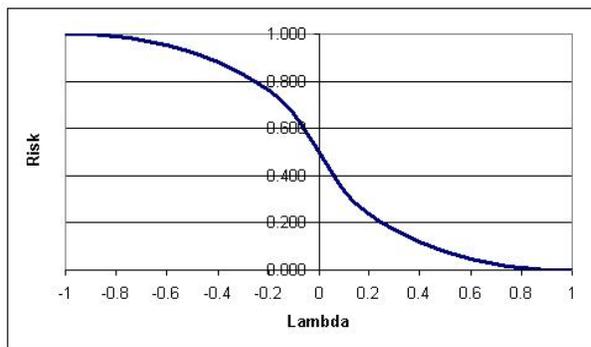


Рис. 4.4. Риск-функция бизнес-портфеля

Тогда задачу оптимизации бизнес-портфеля компании можно сформулировать в виде:

$$ROI_{\max} \rightarrow \max, Risk = \text{fix}, ROI_p = \text{fix} \quad (4.25)$$

при наличии ограничений вида (4.19) на доли бизнесов в портфеле.

Общего способа решения задачи (4.25) не существует в силу нелинейности ограничения на риск. Целесообразно для решения задачи оптимизации вида (4.25)

применять градиентные методы (подобные методы применяются для идентификации эффективной границы портфельного множества в программном решении «Система оптимизации фондового портфеля» от компании Siemens Business Services [21, 25]). Также, если задача решается в MS Excel, можно воспользоваться закладкой оптимизатора Solver.

Рассмотрим **пример** бизнес-портфеля с $N = 4$ бизнесами, исходные данные по которым представлены в табл. 4.5. В последней колонке табл. 4.5 произведен досчет уровня риска бизнеса относительно планового уровня доходности ROI_p .

Табл. 4.5. Исходные данные по бизнесам ($ROI_p = 10\%$ годовых)

Номер бизнеса	ROI_{min} , % год	ROI_{max} , % год	Ограничения на долю бизнеса		Риск бизнеса по уровню ROI_p
			снизу	сверху	
1	9	14	0	0.9	0.047
2	8	15	0	0.8	0.104
3	6	16	0	0.7	0.239
4	5	20	0	0.6	0.150

По данным табл. 4.5 уже можно сказать, что все четыре бизнеса обладают ненулевой мерой риска. Нулевые нижние ограничения на размеры бизнесов говорят о том, что бизнесы высоколиквидны, и постоянные инвестиционные затраты в них минимальны. Такое положение характерно для розничных торговых сетей, когда под бизнесом понимается продажа товаров уже «раскрученных» брендов. В таких бизнесах львиную долю составляют переменные затраты, размер которых монотонно зависит от объема продаж.

Также видно, что с возрастанием номера бизнеса растет неопределенность в части его ожидаемой эффективности (разброс ROI). Это побуждает менеджмент компании, балансируя бизнес-портфель, принудительно ограничивать доли бизнесов, причем, чем волатильнее бизнес, тем строже применяемое ограничение сверху на его долю в портфеле.

Требуется определить оптимальные бизнес-портфели в зависимости от уровня допустимого риска. Решение задачи (4.25) с ограничениями (4.19) дает результаты, представленные в табл. 4.6.

Табл. 4.6. Решение задачи оптимизации

Risk	Оптимальный портфель				ROI	
	1	2	3	4	min	max
0.174	0	0	0.4	0.6	5.4	18.4
0.17	0	0.05	0.35	0.6	5.5	18.3
0.15	0	0.27	0.13	0.6	5.9	18.1
0.13	0	0.25	0.14	0.6	6.5	17.7
0.11	0.57	0	0	0.43	7.3	16.6
0.09	0.74	0	0	0.26	8	15.6
0.07	0.88	0	0	0.12	8.5	14.7
0.06	0.9	0.05	0	0.05	8.7	14.4

Зависимость $ROI = ROI(\text{Risk})$ является **эффективной границей** портфельного множества, представленной на рис. 4.5. Граница является отрезком криволинейной полосы, при этом верхняя линия границы является вогнутой монотонной функцией. На этой границе расположены портфели, обладающие максимумом ожидаемой доходности бизнес-портфеля при фиксированном уровне риска портфеля.

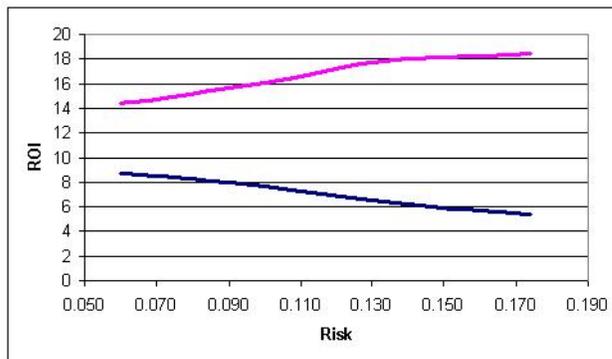


Рис. 4.5. Эффективная граница портфельного множества

Видно, что по мере снижения уровня риска снижается и разброс доходности оптимального портфеля. Причем всю границу можно разбить на две части: отрезок консервативных портфелей (риск от 0.06 до 0.12) и отрезок агрессивных портфелей (риск от 0.12 до 0.174). Консервативный отрезок формируется бизнесами 1, 2 и 4, а агрессивный – бизнесами 4, 3, 2 (табл. 2). Такое размещение портфелей на отрезках обусловлено характером бизнеса и его расположением относительно планового уровня ROI_p .

Поскольку все бизнесы портфеля участвуют в формировании эффективной границы, и бизнесов-аутсайдеров нет, то бизнес-портфель компании является **монотонным** [9]. Соответственно, все бизнесы в портфеле имеют право на существование в той или иной пропорции. Например, бизнес 5 с параметрами $ROI_5 = [9..12]$ заведомо хуже бизнеса 1 по этому же показателю. Поэтому бизнес 5 не будет участвовать в формировании эффективной границы бизнес-портфеля.

Задача оптимизации бизнес-портфеля может быть сформулирована и для **компаний с иерархической структурой**. Пусть, например, компания содержит в своем составе M департаментов, а каждый j -ый департамент, $j=1..M$, содержит в своем составе N_j бизнес-направлений. При этом задача оптимизации бизнес-портфеля на уровне департамента уже решена, т.е. построена эффективная граница портфельного множества департамента, как это сделано в табл. 4.6 и на рис. 4.5. Требуется теперь оптимизировать бизнес-портфель компании, где в качестве бизнес-единицы выступает уже не отдельное бизнес-направление, а целый департамент.

Наложим дополнительные ограничения на размеры бизнеса департамента y_j :

$$0 \leq \alpha_j \leq y_j \leq \beta_j \leq 1. \quad (4.26)$$

Также произведем предварительное профилирование уровня риска по департаменту. Если бизнес-позиция департамента агрессивная (он выступает в качестве генератора наличности для компании, поэтому его нельзя сдерживать ни по доходности, ни по риску), тогда дополнительное ограничение на риск департамента не выставляется. Если же бизнес департамента позиционируется как строго консервативный, то требуется ввести ограничение на риск:

$$\text{Risk}_j \leq \text{Risk}_{j\max}, \quad (4.27)$$

где ограничение на риск $\text{Risk}_{j\max}$ определяется по виду эффективной границы (данные таблицы вида табл. 4.6; для самой табл. 4.6 $\text{Risk}_{j\max} = 0.12$).

Тогда задача оптимизации бизнеса иерархически организованной компании – это задача (4.25) с набором ограничений (4.26) и (4.27) (ограничения (4.19) уже учтены при решении задачи оптимизации бизнес-портфеля департамента). Одновременно можно произвести разверстку планового показателя ROI_p на уровне департаментов, установив по каждому департаменту свой норматив доходности. Это делает процедуру планирования бизнеса более гибкой, например, позволяя новым бизнесам пониженные показатели доходности, в расчете на их рост в будущем.

Если уровней иерархии в компании больше, чем 2, то следует при постановке задачи оптимизации бизнес-портфеля поступать аналогично изложенному здесь методу, оптимизируя бизнес-портфели низовых звеньев иерархии, строя эффективную границу оптимальных бизнес-портфелей этих звеньев и элиминируя соответствующие ограничения, а затем выставляя новые ограничения на размеры бизнесов этих звеньев и их риски.

4.3. Выводы по главе 4

Полагаем, что в настоящей главе работы предложена эффективная модель управления бизнес-портфелем компании, в том числе с иерархической структурой. При этом в качестве исходных данных для оптимизации выступают только интервальные значения параметров ROI для бизнесов, полученные на низовых уровнях бизнес-планирования, т.е. элементы стандартной отчетности. Поэтому метод оптимизации является очень простым для понимания и легким для программной имплементации. В основе метода лежит старая идея Марковица об оптимизации портфеля в координатах «доходность-риск», но сам метод излагается в нечетко-множественной постановке и базируется не на статистике бизнеса, а на ожиданиях его доходности в будущем, выраженных в интервальной форме.

Также отметим, что приемы матричного агрегирования, используемые для оценки риска банкротства, очень хорошо могут быть приспособлены для оценки конкурентоспособности и привлекательности бизнеса, как это и демонстрируется здесь.

Заключение

С момента написания этой книги прошел ровно год. Как и ожидалось, история с ЮКОСом обвалила фондовый рынок. И в этом лично для меня не было ничего нового, я давно ждал этого обвала. Фондовый рынок России не выдержал проверку прежде всего на соответствие фундаментальным ценностям, на рациональное соотношение цена-качество. И именно сейчас в полный рост встает вопрос: а каково же оно в действительности, это рациональное соотношение цена-качество для фондового рынка России, с учетом всех системных рисков, присущих нашей стране? Вопрос – и я в этом абсолютно уверен, – может быть разрешен лишь в рамках нечетко-множественного подхода.

Еще до самого последнего времени применение нечетких формализмов в ходе решения экономических задач рассматривалось традиционными экономистами как некоторое новомодное излишество. Но сегодня можно говорить о переломе в оценке этой научной ситуации. А свидетельством перелома явилась международная конференция «Нечеткие множества и мягкие вычисления в экономике и финансах» (FSSCEF-2004, www.fsscef.narod.ru), которая прошла в Санкт-Петербурге с 17 по 20 июня 2004 года. Автор играл роль председателя организационного комитета FSSCEF-2004 и в течение года, совместно с председателем программного комитета профессором И.З.Батыршиным, готовил конференцию, принимая на свой почтовый ящик доклады более чем из 20 стран мира. На указанном сайте выложен сборник трудов конференции, и все желающие, ознакомившись с этими трудами, могут составить себе представление о том, насколько глубоко уже укоренились нечеткие подходы в экономическом анализе.

Можно себе представить, с каким затруднением находили себе место в экономическом анализе субъективные вероятности, обоснованные де Финетти, Сэвиджем, Кайбергом и другими. И не приходится сомневаться, что первые попытки внедрить субъективные вероятности в экономический обиход попали под огонь убийственной критики в несостоятельности и в слабой математической обоснованности. Аналогичным образом невежды от науки пытались смешать с грязью в свое время и работы Лотфи Заде. И лишь практика использования субъективных вероятностей в военных и энергетических приложениях (Нейман, Моргенштерн, Кини, Райфа и др.), практика построения нечетких контроллеров (Мамдани, Сугено и др.) и другие исследования со столь же впечатляющим выходом заставили злые языки замолчать.

Таким образом, дело, собственно, за малым. Чтобы совершенно снять все сомнения в эффективности и корректности использования нечетких экономических моделей, необходимо развернуть полномасштабную программу «нечетких» исследований, направленную на достижение экономикой России качественно нового уровня самосознания. В чем же состоит такое новое осознание, новый взгляд на старые проблемы? Я, пожалуй, сформулирую несколько вопросов,

ответы на которые не смогут быть получены в рамках классической парадигмы экономического анализа. Вот эти вопросы:

- Сколько стоит в России недвижимость?
- Какое соотношение «цена-доход» по российским акциям является приемлемым сегодня для того, чтобы осуществлять долгосрочные инвестиции в эти акции?
- Насколько далеко отстоят российские предприятия от банкротства, насколько они кредитоспособны в принципе?
- Насколько проблемны российские банки?
- Как сделать стратегические цели корпорации измеримыми?
- Как оценивать эффект от внедрения корпоративных информационных систем?
- Какова степень риска прямых инвестиций в российскую экономику?
- Можно ли получить обоснованные прогнозы российских рынков капитала, хотя бы на ближайшие 3-5 лет?

Ответы на эти вопросы могут быть получены, если будет создана и в течение 1-2 лет минимально профинансирована территориально распределенная рабочая группа исследователей в области Fuzzy Sets & Soft Computing. Специалистов по направлению «Нечеткие множества в экономике» в России можно пересчитать по пальцам одной руки, так что все персоналии, которые потенциально могут быть участниками проекта, известны заранее.

Настоящая книга предлагает читателю принципиально новый подход к оценке риска бизнеса, основанный на использовании нечетко-множественных описаний. Более подробный разбор вариантов использования нечетко-множественных описаний содержится в докторской диссертации автора [3], которая доступна в сети Интернет. В книге обобщается ряд результатов, полученных автором персонально и в соавторстве с О.Б. Максимовым, К.И.Вороновым, А.Д.Овсянко, Д.Н.Бессоновым, С.Н.Фроловым и А.М.Кокошем, сравнительно недавно или несколько лет назад.

Нечеткие множества уже доказали свою состоятельность, будучи использованными в процессах финансового менеджмента ряда корпораций (оценка риска банкротства, оценка риска инвестиционного проекта, управление фондовым портфелем). Также автор, выступая в качестве бизнес-аналитика в проекте разработки системы стратегического планирования для компании Siemens AG, имеет отчетливое представление о том, какую реальную службу могут сослужить нечетко-множественные описания для позиционирования бизнеса и оценки его риска. Поэтому следует отметить, что научные результаты, приведенные в данной работе, не являются плодом кабинетных измышлений, но родились в процессе многолетней работы автора в соответствующих бизнес-проектах. Достаточно сказать, что система оптимизации фондового портфеля, разработанная на основе научных работ автора, была внедрена в Пенсионном фонде РФ.

Нечеткие описания – это математический аппарат, который наилучшим образом отвечает особенностям человеческого мышления, основанного на качественных категориях. Уже в самом определении риска фраза «неблагоприятное развитие процесса» предполагает наличие лица, который имеет представление о том, что благоприятно для него, а что – нет. В ряде случаев такое различение понятий невозможно провести с абсолютной точностью, и тогда на помощь исследователю приходят нечеткие классификаторы. Использование приемов лингвистической классификации и сведение результатов классификации по отдельным факторам к единому показателю позволяет исследователю делать общее заключение о системе в целом на основе ряда наблюдений отдельных частных показателей. Пример – оценка риска банкротства на основе качественных измерений ряда финансовых факторов предприятия.

Нечеткие описания – это также и модель свертки отдельных сценариев развития событий с одновременным взвешиванием этих сценариев по уровню возможности. Аналогичную функцию выполняет и плотность вероятностного распределения. Однако, чтобы такое распределение построить, необходимо иметь гипотезу вероятностного пространства, которая строится либо на основе некоторой статистики, либо на основе экспертных суждений. Если статистики нет, то вероятностное пространство возможно постулировать только на основе экспертной модели. И в этих условиях нечеткие описания имеют перед вероятностными описаниями ту фору, что само по себе они уже являются результатом экспертной активности. Когда мы строим субъективную вероятность, мы обязаны объяснить, на какой основе она получена. В этом смысле интервальная оценка, – она сама себе объяснение: мы просто ожидаем, что параметр будет находиться в этих пределах, и здесь никакие вероятности не нужны.

То же и с треугольными нечеткими числами: мы говорим, что ожидаемый результат группируется вокруг ожидаемого среднего и не выходит за некоторые пределы. Нам не надо напрягаться, чтобы вводить вероятностное распределение, матожидание, дисперсию и т.д. Все это, в условиях дефицита информации, выглядит как искусственное безосновное построение. Когда мы вводим нечеткие описания, мы естественным образом моделируем ими свои ожидания; а вероятность в этом процессе выглядит как назойливый посредник.

В нашей книге мы предложили самый общий путь моделирования бизнес-систем – построение семантических сетей на образцах. Сами образцы могут быть организованы произвольно сложно и содержать в своем составе нечетко-множественные описания произвольной природы. Производя вычисления с построенными образцами, мы можем получать обоснованные оценки риска бизнеса.

В заключение отмечу, что оценка риска бизнеса с использованием нечетко-множественных описаний – это, по моему убеждению, чрезвычайно перспективное научное направление, и все основные результаты работ в этом направлении еще впереди.

Перечень цитируемых источников

1. Ефремов В.С. Классические модели стратегического анализа и планирования: модель Shell/DPM //Менеджмент в России и за рубежом, №3, 1998. – Также на сайте: <http://www.cfin.ru/press/management/1998-3/07.shtml>.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976.
3. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний. Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. СПб, СПбГУЭФ, 2004. – Также на сайте: <http://www.mirkin.ru/docs/doctor005.pdf>.
4. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций. СПб, Типография «Сезам», 2002. – Также на сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
5. Недосекин А.О., Максимов О.Б. Применение теории нечетких множеств к финансовому анализу предприятий// 1999. - На сайтах: <http://www.vmgroupp.sp.ru/>, www.cfin.ru/analysis, <http://www.delovoy.newmail.ru/analitic/3.htm>.
6. Недосекин А.О., Воронов К.И. Новый показатель оценки риска инвестиций //1999. - На сайтах: <http://www.vmgroupp.sp.ru/>, www.cfin.ru/analysis, <http://www.delovoy.newmail.ru/analitic/3.htm>.
7. Недосекин А.О., Овсянко А.В. Нечетко-множественный подход в маркетинговых исследованиях //2000.-На сайте: <http://www.vmgroupp.sp.ru/>.
8. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ, № 2, 2000.- Также на сайте www.cfin.ru.
9. Недосекин А.О. Монотонные фондовые портфели и их оптимизация // Аудит и финансовый анализ, №2, 2002.
10. Недосекин А.О. Простейшая оценка риска инвестиционного проекта // Современные аспекты экономики, №11, 2002. – Также на сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
11. Недосекин А.О. Стратегическое планирование с использованием нечетко-множественных описаний. - На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
12. Недосекин А.О. Оптимизация бизнес-портфеля корпорации. - На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
13. Недосекин А.О. Оценка риска инвестиций по NPV произвольно-нечеткой формы. - На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
14. Недосекин А.О. Бизнес-планирование в расплывчатых условиях. - На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
15. Недосекин А.О. Вероятностные распределения с нечеткими параметрами. - На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
16. Недосекин А.О. Риск-функция инвестиционного проекта. - На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.

17. Недосекин А.О. От вычислений со словами – к вычислениям с образцами. - На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html .
18. Недосекин А.О. Комплексная оценка риска банкротства корпорации на основе нечетких описаний. - На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html .
19. Недосекин А.О., Фролов С.Н. Лингвистический анализ гистограмм экономических факторов. – На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html .
20. Недосекин А.О., Кокош А.М. Оценка риска инвестиций для произвольно-размытых факторов инвестиционного проекта. - На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html .
21. Недосекин А.О. Система оптимизации фондового портфеля от Siemens Business Services Russia // "Банковские технологии" № 5, 2003.
22. Недосекин А.О. Персональная страница в Интернете. – На сайте: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
23. Поспелов Д.С. «Серые» и/или «черно-белые» [шкалы]// Прикладная эргономика. Специальный выпуск «Рефлективные процессы». – 1994. - №1.
24. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости. М.: Диалог-МГУ, 1998.
25. Система оптимизации фондового портфеля. – На сайте: <http://www.sbs.ru/index.asp?objectID=1863&lang=rus> .
26. Тарасов В.С. Послесловие к круглым столам // Новости искусственного интеллекта, №2-3, 2001.
27. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. - М.: Наука, 1981.
28. Финансовый портал информационно-аналитического и учебного центра НАУФОР. – На сайте: <http://www.skrin.ru> .
29. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978.
30. Baturshin I., Wagenknecht M. Towards a Linguistic Description of Dependencies in Data // Int. J. Appl. Comput. Sci., 2002, Vol. 12, №3.
31. Buckley, J. The Fuzzy Mathematics of Finance // Fuzzy Sets & Systems, 1987, N 21.
32. Dubois D., Prade H. Fuzzy Sets and Systems. - N.Y., Academic Press, 1980.
33. Hichens, R.E., Robinson, S.J.Q, and Wade, D.P. The directional policy matrix: tool for strategic planning // Long Range Planning, Vol. 11 (June 1978), pp. 8-15.
34. IRC – Investment Risk Calculator – калькулятор для оценки риска прямых инвестиций. – On site: http://sedok.narod.ru/inv_risk_calc.html .
35. Kaufmann A., Gupta M. Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications. - Van Nostrand Reinhold, 1991. ASIN: 0442008996.
36. MGFS Industry Groups. – On site: <http://mgfs.com/> .
37. Puri M.D., Raleski D.A. Fuzzy Random Variables // J. Math. Anal. Appl., 1986, v. 114.
38. Siemens Business Services Russia web site. – On site: <http://www.sbs.ru/> .
39. Yager R. Families of OWA Operators // Fuzzy Sets and Systems, 59, 1993.
40. Zimmerman H.-J. Fuzzy Sets Theory – and Its Applications. – Kluwer Academic Publishers, 2001. ISBN 0792374355.