

Обзор англоязычных учебников по анализу временных рядов^{*}

Станислав Анатольев[†]

Российская экономическая школа, Москва, Россия

Представлен обзор наиболее заметных учебников по эконометрике временных рядов. Эссе выражает как мнение автора, так и мнения эконометристов, выраженные в опубликованных рецензиях.

Введение

С учебниками по анализу временных рядов дело обстоит сложнее, чем с общеэконометрическими. Если в хорошем учебнике по эконометрике материала хватает, чтобы всесторонне познакомиться с предметом, то чтобы адекватно освоить модели и методы временных рядов, одной книги маловато. Удачно подобранные источники дополняют друг друга, но и этого часто недостаточно, и необходимо обращаться к обзорным (в лучшем случае) статьям в экономических журналах и в томах *Handbook of Econometrics*. Не стоит также сбрасывать со счетов некоторые удачные разделы в общеэконометрических учебниках (см. обзор в Анатольев, 2007), как, например, главы, посвященные единичным корням и коинтеграции у Хайаши (Hayashi, 2000).

Еще одна проблема состоит в том, что даже самые замечательные учебники потихоньку (если не сказать с бешеной скоростью) устаревают. Современные исследования, касающиеся временных рядов, идут до того интенсивными темпами, что ни один учебник «не поспевает» за текущей ситуацией.

В данном эссе мы приводим краткий обзор наиболее заметных книг и учебников, касающихся методологии временных рядов. Мы включили только те источники, которые покрывают всю область или ее большую часть и не специализируются на узких аспектах (например, есть монографии, всецело посвященные сезонности и периодичности, или спектральному анализу, или рядам с единичными корнями). Кроме того, мы упоминаем источники, содержащие именно *эконометрику* временных рядов. Так, например, мы включили в список книгу Миллза, но не книгу Тэйлора (Taylor, 1986) с практически идентичным названием, а также проигнорировали массу учебников по *статистическому* анализу временных рядов.

James D. Hamilton. Time Series Analysis. Princeton University Press, 1994, 820 стр.

Этот «главный» учебник покрывает практически весь материал, имеющий отношение к временным рядам, особенно линейный анализ. Главы, посвященные, например, оцениванию линейных ARMA-моделей, асимптотике моделей с единичными корнями, векторным авторегрессиям, являются, пожалуй, одними из наилучших примеров в эконометрической литературе.

^{*} Автор благодарит Александра Цыплакова за полезные замечания. Цитировать как: Анатольев, Станислав (2008) «Обзор англоязычных учебников по анализу временных рядов», Квантиль, №5, стр. 49–55. Citation: Anatolyev, Stanislav (2008) “Review of English textbooks in time series analysis,” *Quantile*, No.5, pp. 49–55.

[†] Адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47, офис 1721(3). Электронная почта: sanatoly@nes.ru

Будучи несколько устаревшей, правда, книга не отражает тенденции последних лет в эконометрике. Так, например, главы по ARCH-моделированию и обобщенному методу моментов откровенно куцые, практически отсутствует материал по анализу структурных сдвигов и нелинейных регрессионных моделей (например, пороговых авторегрессий). Удивительной неполнотой обладают главы по спектральному анализу и Байесовским методам. В то же время в книге можно найти материал, редко встречающийся в неспециализированных учебниках, например фильтр Кальмана и модели с переключениями режимов (последняя тема – конек автора).

По мнению видного эконометриста Брюса Хансена (Hansen, 1995), книга «продельывает отличную работу по смыканию теории и техники... Это, однако, не учебник теории... Целью является дать прикладным экономистам знания, необходимые для овладения современными технологиями манипулирования временными рядами. Я думаю, книга хороша по этим критериям и будет широко использоваться как учебник». Далее: «Ее сила – в основательном разборе традиционных временных рядов и регрессий и аккуратном анализе текущей литературы по единичным корням и коинтеграции». В то же время Хансен указывает и на недостатки, которые, впрочем, довольно очевидны и частично упоминались выше: «Теоретику книга может показаться недостаточно строгой»; «Хотя книга написана для прикладной аудитории, в ней очень мало эмпирических примеров»; «Недостаточно обсуждение выбора модели, компоненты, являющейся существенной для повседневной эмпирической работы»; «Нелинейные модели временных рядов почти не обсуждаются... Обсуждение ARCH-моделей очень краткое». Хансен советует дополнять чтение книги просмотром обзорных статей из различных источников. В целом Хансен называет учебник отличным и с энтузиазмом рекомендует его изучение.

Однако есть и другое мнение. Эконометрист Бенедикт Петчер в своем обзоре (Pötscher, 1996) перечисляет неверные утверждения, ошибки и прочие несуразности, которые он нашел в книге. Кроме того, он жалуется на нестрогость повествования, отсутствие обсуждения некоторых тем (как действительно актуальных, так и не слишком актуальных), не совсем корректное цитирование, а также методологические недостатки вроде неровности подачи материала по глубине и продвинутости. В конце концов Петчер заключает: «Ценность этой книги сильно уменьшена множеством серьезных перечисленных мной недостатков, так что трудно рекомендовать ее в качестве учебника». Во многом Петчер, конечно, прав, но, по нашему мнению, он сильно сгущает краски. Многие из упомянутых недостатков совершенно не мешают постигать важный материал, а некоторые (например, отсутствие строгости, вольное цитирование и т.д.) даже помогают.

Мы же главным недостатком учебника Гамильтона считаем ее устарелость. Конечно, этот недостаток не мог быть актуален для Хансена и Петчера, опубликовавших свои рецензии в 1995–1996 гг.

У издателя имеется сайт учебника pup.princeton.edu/titles/5386.html, хотя он не слишком информативен. Программы для пакета *RATS* и данные для имеющихся в книге эмпирических примеров находятся на сайте [www.estima.com/Hamilton's Time Series Analysis.shtml](http://www.estima.com/Hamilton's%20Time%20Series%20Analysis.shtml).

Philip H. Franses & Dick van Dijk. Nonlinear Time Series Models in Empirical Finance. Cambridge University Press, 2000, 296 стр.

Книга Франсеса и Ван Дайка является замечательным дополнением к учебнику Гамильтона. Здесь освещены именно те важные вопросы, которые отсутствуют или недостаточно представлены (возможно, в силу устарелости) у Гамильтона: нелинейные регрессии, модели для условной гетероскедастичности, непараметрические методы (точнее, один из них). Причем, вопреки названию, многие модели вполне годятся для анализа и нефинансовых (например, макроэкономических) данных.

Первые две главы книги представляют собой краткий обзор основных концепций анализа временных рядов и особенно финансовых данных, таких как единичные корни, сезонность, прогнозирование, выбросы и т.д. Далее идут две «основные» главы, одна из которых обобщает нелинейные модели для (условно говоря) доходностей, в частности, пороговые регрессии, модели с Марковскими переключениями и модели с гладкими переходами, а другая – модели для волатильности, в основном ARCH-типа. Еще одна массивная глава посвящена нейронным сетям. С одной стороны, радует, что данный материал изложен системно с эконометрических позиций, но, с другой стороны, вызывает недоумение, почему авторы так выделяют из непараметрических и полупараметрических моделей именно нейронные сети.

Одно из главных достоинств книги – обилие эмпирических примеров и возможность их реплицировать. Все программы написаны на эконометрическом языке *GAUSS*, хотя, исходя из нашего опыта, при попытке запуска они часто ругаются и с трудом подвергаются модификации.

У книги есть сайты: у издателя www.cambridge.org/catalogue/catalogue.asp?isbn=0511034083 и у одного из авторов people.few.eur.nl/djvandijk/nltsmef/nltsmef.htm. Со второго сайта можно скачать использованные в книге данные и программы.

Walter Enders. Applied Econometric Time Series. Wiley, 2-е издание, 2004, 460 стр.

Книга Эндерса представляет собой «легковесный» аналог Гамильтона, и может быть полезна технически менее искушенным читателям. Спектр охваченных тем также более узок, чем у Гамильтона. Достаточно сказать, что в первое издание вошли только линейные модели (если не считать модели из ARCH-класса), и только во втором издании появилась глава, посвященная нелинейному моделированию. Она, впрочем, представляет собой скорее краткий обзор нелинейного анализа временных рядов и далека до соответствующих глав монографии Франсеса и Ван Дайка.

Конечно, «легковесность» книги означает и неглубокое изложение материала. На множество современных важных методов, если они сколь-нибудь нестандартны, автор лишь ссылается в заключительных комментариях к каждой главе. Наличие таких комментариев, правда, само по себе представляет ценность, как и наличествующие эмпирические примеры, а также теоретические и практические упражнения.

Подытоживая, учебник Эндерса будет весьма полезен тем, кто хочет освоить эконометрику временных рядов практически с нуля. В то же время изучившему книгу не стоит обольщаться по поводу вооруженности современными методами анализа временных рядов.

У книги имеется сайт cba.ua.edu/~wenders/applied-econometric-time-series, где можно найти данные, использованные в книге, и список замеченных ошибок. Есть также сайт у издателя eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471451738.html, но он скуден. Существует, кроме того, пособие для преподавателя; см. Enders & Chung (1995) и Chung, Enders, Shao & Yuan (2004).

Peter J. Brockwell & Richard A. Davis. Time Series: Theory and Methods. Springer-Verlag, 2-е издание, 1991, 577 стр.

Данная книга – энциклопедия линейного анализа временных рядов, со статистическим уклоном. По ней не стоит изучать предмет, особенно эконометристу, но иногда полезно использовать как справочник. Современные изыскания в книге не отражены; нелинейному анализу уделено крайне мало страниц в конце книги. В то же время странно, что, например, вовсе не затронута тема тестирования на единичные корни, не говоря уже о коинтеграции. Сильный акцент делается на спектральном анализе, что естественно для анализа линейных

процессов. Присутствует также глава, посвященная фильтру Кальмана, и, что интересно, глава, посвященная Гильбертовым пространствам. Последняя служит цели геометрической иллюстрации многих идей на протяжении всего повествования.

В приложении книги содержатся таблицы с данными, использованными в эмпирических примерах. Каждая глава сопровождается набором задач, правда, без решений.

Christian Gourieroux & Alain Monfort. Time Series and Dynamic Models. Cambridge University Press, 1997, 668 стр.

Данное произведение – одна из многочисленных книг-учебников Гурьеру, написанных «на коленке». Последний факт не означает, конечно, бесполезность книги – продвинутый читатель может почерпнуть немало полезного: например, имеется материал по причинности, экзогенности и формированию ожиданий. Но рекомендовать ее в качестве учебника вряд ли целесообразно.

Вот что пишет Колин Маккензи в своей рецензии (McKenzie, 1998): «Слишком силен акцент на теории и формулировании результатов в виде теорем, и существенной мотивации результатов и идей местами не хватает. В то время как некоторые методы иллюстрируются с помощью эмпирических примеров, даже продвинутому обучающимся часто будет непонятно, как реализовать некоторые из процедур на практике». Маккензи также отмечает специфичность используемых данных, отсутствие логической связи между некоторыми главами и тенденциозность в подборе материала, а в заключение делает вывод, что вряд ли эта монография будет конкурентом ведущим учебникам по временным рядам.

Каждая глава книги сопровождается набором задач без решений. Книги имеют сайт у издателя prp.contentdirections.com/mr/cupress.jsp/doi=10.2277/0521411467.

Philip H. Franses. Time Series Models for Business and Economic Forecasting. Cambridge University Press, 1998, 280 стр.

Данная монография – краткий, и возможно, слишком краткий путеводитель по современным эконометрическим методам анализа временных рядов, с акцентом на прогнозировании. В какой-то степени здесь повторяются многие главы книги Франсеса и Ван Дайка, некоторые с сокращением материала, некоторые с расширением. Много места уделено таким темам, как тренды, сезонность и, что является редкостью, анализу выбросов.

Книга написана четким и понятным языком и может служить хорошим источником для исследователя, желающего быстро, пусть и неглубоко, освоить современные методы эконометрики временных рядов. Ганс Раймерс (Reimers, 2000) отмечает: «Для каждого метода детально рассматриваются интуитивная мотивация и практические соображения, что делает книгу легко читаемой. Жизненные примеры, взятые из научных приложений, использованы при обсуждении важных вопросов в прикладном анализе деловых, финансовых и макроэкономических данных». И далее: «Книга будет полезна для студентов и преподавателей прикладных курсов, а также для практиков, желающих получить первое, не очень техническое, впечатление о прогнозировании временных рядов, используя современные, недавно разработанные методы».

С сайта автора people.few.eur.nl/franses/#research можно скачать использованные в эмпирических примерах данные.

Daniel Peña, George C. Tiao & Ruey S. Tsay (редакторы). A Course in Time Series Analysis. Wiley, 2001, 496 стр.

Данная книга – не учебник, а собрание статей по анализу временных рядов, написанных разными авторами, как эконометристами, так и статистиками, как именитыми, так и не очень. Конечно, по сравнению с учебником материал здесь не очень сбалансирован, зато покрывает максимальное количество тем и, что самое главное, относительно современен. Книга будет наиболее полезна желающему глубоко разобраться в какой-то теме и наименее полезна (а может, и вредна) желающему составить для себя общую картину эконометрики временных рядов.

У одного из редакторов книги имеется сайт faculty.chicagogsb.edu/ruey.tsay/teaching/ecas. На нем, в частности, находятся данные, использованные в трех главах книги.

Ruey S. Tsay. Analysis of Financial Time Series. Wiley, 1-е издание, 2002, 448 стр.; 2-е издание, 2005, 640 стр.

Данный учебник посвящен анализу финансовых временных рядов, и эта специфика получила сильное отражение в его содержании. Наряду с «обязательными» темами детально рассматриваются и такие, как модели для высокочастотных финансовых данных, модели в непрерывном времени и стоимостная мера риска. Во втором издании присутствуют еще и метод главных компонент, факторные модели и фильтр Кальмана.

Экономист Йюсси Толви (Tolvi, 2003) отмечает: «... Половина глав строятся на финансовой теории, а другая половина – на статистике. Несколько не хватает интегрированности этих двух точек зрения...» И далее: «К сожалению, это не наилучшим образом написанная книга из тех, что я читал. Хотелось бы увидеть более широкое обсуждение интерпретации некоторых моделей». Тем не менее, нам кажется, что данная монография – один из самых удачных учебников для изучения.

У книги имеются два сайта на странице автора: faculty.chicagogsb.edu/ruey.tsay/teaching/fts посвящен первому изданию, faculty.chicagogsb.edu/ruey.tsay/teaching/fts2 – второму. На сайтах находятся данные, использованные в книге, а также списки выявленных ошибок и опечаток.

Terence C. Mills. The Econometric Modelling of Financial Time Series. Cambridge University Press, 2-е издание, 1999, 280 стр.

Данное пособие также посвящено анализу финансовых временных рядов. По сравнению с монографией Тцзя, правда, материал выглядит несколько староватым. Хотя и имеются разделы, посвященные нелинейным моделям, описание методов представляется довольно куцым. А в главе, где делается похвальная попытка обсудить моделирование всего распределения доходностей (гл. 5), автор не заходит слишком далеко.

Эконометрист Питер Педрони в целом книгу нахваливает (Pedroni, 2001): «Обсуждение явно направлено на приложения, а не на теорию, и большинство читателей найдут уровень технической детализации меньшим, чем у других учебников типа Гамильтона... Однако, это не книга рецептов. Наоборот, акцент делается на построения концепций и интуиции на протяжении всего повествования. Где необходимо, без стеснения вводятся и более продвинутые концепции... В то же время, чрезвычайно технические детали, не помогающие пониманию методов, избегаются». Педрони заявляет, что ему не хватает в книге обсуждения обобщенного метода моментов и методов оценивания долгосрочной дисперсии. По нашему же мнению, книге не хватает очень много чего. Лучше всего это можно возместить чтением монографий Тцзя и Франсеса и Ван Дайка.

У издателя имеется сайт книги www.cambridge.org/catalogue/catalogue.asp?isbn=0521624134.
Данные можно скачать с сайта lboro.ac.uk/departments/ec/cup.

Заклучение

По традиции, в заключение мы приводим сводную таблицу, дающую некоторое представление о содержании в данных учебниках некоторых тем: «+» означает «имеется», «-» – «отсутствует», «+-» – тема раскрыта, но далеко не полностью, а «-+» – тема затронута, но очень кратко или неадекватно. Вряд ли стоит воспринимать информацию в таблице как справочную, ибо она не отражает ни качества предоставляемого учебниками материала, ни современность подходов, но все же по ней можно судить об их тематическом наполнении. Кроме того, некоторые книги ценны именно благодаря тем редким узким темам, которые не отражены в таблице.

Тема	H	FD	E	BD	GM	F	PTT	T	M
Эконометрические методы в целом	+	-	-	-+	-	-	-	-	-
Асимптотическая теория	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Выбор модели	-	+	-+	-+	-+	+	+	-	-
ARMA моделирование	+	-+	+	+	+	+	+	+	+
Пороговые и другие нелинейные авторегрессии	-	+	+	-+	-	+	+	+	+-
Переключения режимов	+	+	+	-	-	+	-	+	+-
Векторные авторегрессии	+	-	+	+	-+	+	+	+	+
ARCH моделирование	-+	+	+	-	-	+	+	+	+
Вопросы сезонности	-	-	+	+	+	+	+	+	-
Анализ выбросов	-	+	-	-	-+	+	+	+	+-
Структурные сдвиги	-+	-	-+	-	-	-	-	-	-
Единичные корни	+	-	+	-	+	+	-	+	+
Коинтеграция	+	-	+	-	+	+	+	+	+
Непараметрические и полупараметрические методы	-	+-	-	-	-	-+	+	+	-+
Фильтр Кальмана	+	-	-	+	+	-	+	+	-+
Спектральный анализ	+-	-	-	+	+	-	+	-	-
Эмпирические иллюстрации	-+	+	+	+	-+	+	-+	+	+

Список литературы

- Анатольев, Станислав (2007). Обзор англоязычных учебников по эконометрике. *Квантиль* 3, 73–82.
- Enders, W. & P. Chung (1995). Instructor's Manual to Accompany *Applied Econometric Time-Series*. John Wiley & Sons: New York. Второе издание: Chung, P., W. Enders, L. Shao & J. Yuan (2004).
- Hansen, B. (1995). *Time Series Analysis* by James D. Hamilton. *Econometric Theory* 11, 625–630.
- Hayashi, F. (2000). *Econometrics*. Princeton University Press: Princeton.
- McKenzie, C. (1998). *Time Series and Dynamic Models* by Christian Gourieroux & Alain Monfort. *Journal of Applied Econometrics* 13, 681–684.
- Pedroni, P. (2001). *The Econometric Modelling of Financial Time Series* by Terence Mills. *Journal of American Statistical Association* 96, 345–346.
- Pötscher, B.M. (1996). *Time Series Analysis* by James D. Hamilton. *Journal of American Statistical Association* 91, 439–440.
- Reimers, H.-E. (2000). *Time Series Models for Business and Economic Forecasting* by Philip Hans Franses. *Journal of American Statistical Association* 95, 686–687.

Taylor S.J. (1986). *Modelling Financial Time Series*. John Wiley & Sons: Chichester.

Tolvi, J. (2003). *Analysis of Financial Time Series* by R. S. Tsay. *The Statistician* 52, 128–129.

Review of English textbooks in time series analysis

Stanislav Anatolyev

New Economic School, Moscow, Russia

This is a survey of most notable time series econometrics texts written in English. The essay reflects the author's opinion, as well as opinions of econometricians expressed in published book reviews.

