Переводные учебники ВШЭ

Marno Verbeek

A Guide to Modern Econometrics

Fifth Edition

Марно Вербик

ПУТЕВОДИТЕЛЬ по современной эконометрике

Перевод с английского
под научной редакцией
ЕЛЕНЫ КОТЫРЛО

Издательский дом Высшей школы экономики
МОСКВА, 2024

УДК 519.862.6
ББК 65.05
В31

https://elibrary.ru/fwzskl

Подготовлено в рамках проекта ВШЭ
по изданию переводов учебной литературы

Научный редактор перевода — *Е.С. Котырло*

Коллектив переводчиков:
Авдеев С.С., Васильев Д.Ф., Гладышева А.А., Горский Д.И., Еремина И.Д., Жангалова А.Б., Карпова Д.А., Краснопеева Н.А., Мамаева Е.Е., Марков А.А., Попова И.В., Семерикова Е.В., Староверова М.С., Стефаненко В.Ю.

Вербик, Марно

В31 Путеводитель по современной эконометрике / М. Вербик ; пер. с англ. под науч. ред. Е. С. Котырло ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2024. — 672 с. — (Переводные учебники ВШЭ). — 1000 экз. — ISBN 978-5-7598-2724-5 (в пер.). — ISBN 978-5-7598-4088-6 (e-book).

Учебник Марно Вербика получил мировое признание в академической среде и среди практиков, использующих эконометрические методы в анализе данных. Базовые для любого учебника разделы эконометрики дополнены новыми — такими как проблема отсутствующих данных и выбросов, иллюстрация выбора спецификации модели на примере прогнозирования доходности фондового индекса, пояснение выбора инструментов на примере установления причинно-следственной связи между институтами и экономическим развитием, проблема неслучайного отбора и подходов к оценке эффекта проводимых реформ и регулирующих воздействий, модели дожития, анализ несбалансированных панелей и псевдопанелей и др. В учебнике прекрасно сочетаются теория и практика. Приведенные примеры иллюстрируют важные положения финансовой аналитики, стратегического управления финансами, микроэкономики, экономики труда, институциональной экономики. «Путеводитель по современной эконометрике» полностью оправдывает свое название, так как автор, сохраняя концепцию учебника, направляет читателя к дополнительным материалам — к главам других учебников, статьям для углубленного изучения отдельных тем эконометрики. Особую ценность представляет глоссарий, где сопоставляются русские и английские термины эконометрики для удобства продолжения изучения материала по англоязычным источникам.

Предназначен для экономистов-практиков и студентов, изучающих, в том числе впервые, эконометрику, а также для специалистов, желающих пополнить или актуализировать знания по эконометрике.

УДК 519.862.6
ББК 65.05

Перевод книги: *Marno Verbeek*. A guide to modern econometrics. 5th edition.
All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons Limited. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with National Research University Higher School of Economics and is not responsibility of John Wiley & Sons Limited. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, John Wiley & Sons Limited.

Опубликовано Издательским домом Высшей школы экономики
http://id.hse.ru

doi:10.17323/978-5-7598-2724-5

ISBN 978-5-7598-2724-5 (в пер.)
ISBN 978-5-7598-4088-6 (e-book)
ISBN 978-1-119-40115-5 (англ.)

Copyright © 2017, 2012, 2008, 2004, 2000 John Wiley & Sons, Inc.
© Перевод на русский язык. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Вступительное слово к русскоязычному изданию 14
Предисловие автора 16

1. Введение 19

1.1. Об эконометрике 19
1.2. Структура книги 21
1.3. Примеры и упражнения 24

2. Введение. Модель линейной регрессии 26

2.1. Метод наименьших квадратов с точки зрения алгебры 27
2.1.1. Метод наименьших квадратов 27
2.1.2. Простая линейная регрессия 30
2.1.3. Пример: индивидуальная заработная плата 31
2.1.4. Матричная форма записи 32
2.2. Модель линейной регрессии 34
2.3. Свойства оценок OLS для малой выборки 37
2.3.1. Условия Гаусса — Маркова 37
2.3.2. Свойства оценок OLS 38
2.3.3. Пример: индивидуальная заработная плата (продолжение) 43
2.4. Качество подгонки 44
2.5. Проверка статистических гипотез 47
2.5.1. Простой *t*-критерий Стьюдента 48
2.5.2. Пример: индивидуальная заработная плата (продолжение) 50
2.5.3. Тестирование одного линейного ограничения 50
2.5.4. Тестирование совместной значимости коэффициентов регрессии 51
2.5.5. Пример: индивидуальная заработная плата (продолжение) 54
2.5.6. Общий случай 55
2.5.7. Размер, мощность и *p*-значение теста 57
2.5.8. Представление результатов регрессии 59
2.6. Асимптотические свойства OLS-оценок 61
2.6.1. Состоятельность 61
2.6.2. Асимптотическая нормальность 64
2.6.3. Малые выборки и асимптотическая теория 66
2.7. Пример: модель ценообразования активов 68
2.7.1. CAPM как модель регрессии 69

2.7.2. Оценка и тестирование CAPM 70
2.7.3. Крупнейший в мире хедж-фонд 74
2.8. Мультиколлинеарность 76
2.8.1. Пример: индивидуальная заработная плата (продолжение) 79
2.9. Отсутствующие значения, выбросы и влиятельные наблюдения 80
2.9.1. Выбросы и влиятельные наблюдения 81
2.9.2. Робастные методы оценивания 83
2.9.3. Отсутствующие значения переменных для некоторых наблюдений 84
2.10. Прогнозирование 86
Выводы 88
Упражнения 90

3. Интерпретация и сравнение регрессионных моделей 95

3.1. Интерпретация линейной модели 95
3.2. Выбор регрессоров 102
3.2.1. Ошибочная спецификация набора регрессоров 102
3.2.2. Выбор регрессоров 103
3.2.3. Сравнение невложенных моделей 109
3.3. Ошибочная спецификация функциональной формы 112
3.3.1. Нелинейные модели 112
3.3.2. Тестирование функциональной формы 114
3.3.3. Тест на структурный разрыв 114
3.4. Пример: моделирование цен на жилье 116
3.5. Пример: прогнозирование доходности фондового индекса 120
3.5.1. Выбор модели 122
3.5.2. Качество прогноза 125
3.6. Пример: обоснование индивидуальных заработных плат 129
3.6.1. Линейные модели 129
3.6.2. Логлинейные модели 133
3.6.3. Гендерный эффект 136
3.6.4. Несколько замечаний 139
Выводы 140
Упражнения 141

4. Гетероскедастичность и автокорреляция 144

4.1. Свойства OLS-оценки при гетероскедастичности или автокорреляции ошибок 145
4.2. Другие подходы к оцениванию 147
4.3. Гетероскедастичность 148

4.3.1. Введение ... 148
4.3.2. Свойства оценок и проверка гипотез ... 151
4.3.3. Когда дисперсии неизвестны ... 152
4.3.4. Вычисление стандартных ошибок OLS при наличии гетероскедастичности ... 154
4.3.5. Мультипликативная гетероскедастичность ... 156
4.3.6. Метод взвешенных наименьших квадратов с произвольным весом ... 157
4.4. Тестирование на гетероскедастичность ... 158
4.4.1. Тестирование на мультипликативную гетероскедастичность ... 159
4.4.2. Тест Бройша — Пагана ... 159
4.4.3. Тест Уайта ... 160
4.4.4. Какой тест предпочесть? ... 161
4.5. Пример: объяснение спроса на труд ... 161
4.6. Автокорреляция ... 167
4.6.1. Автокорреляция первого порядка ... 169
4.6.2. Если значение ρ неизвестно ... 171
4.7. Тестирование на наличие автокорреляции первого порядка ... 172
4.7.1. Асимптотические тесты ... 173
4.7.2. Тест Дарбина — Уотсона ... 174
4.8. Пример: спрос на мороженое ... 176
4.9. Альтернативные модели автокорреляции ... 179
4.9.1. Автокорреляция более высокого порядка ... 179
4.9.2. Ошибки типа «скользящее среднее» ... 180
4.10. Что делать, если обнаружена автокорреляция? ... 181
4.10.1. Ошибки спецификации ... 182
4.10.2. Стандартные ошибки OLS, устойчивые к гетероскедастичности и автокорреляции ... 183
4.11. Пример: премия за риск на валютных рынках ... 185
4.11.1. Обозначения ... 186
4.11.2. Тестирование премии за риск на горизонте в один месяц ... 187
4.11.3. Тесты на наличие премии за риск с использованием перекрывающихся выборок ... 191
Выводы ... 193
Упражнения ... 195

5. Инструментальные переменные и обобщенный метод моментов ... 198
5.1. Обзор свойств OLS-оценки ... 199
5.2. Случаи, когда OLS-оценка неприменима ... 203
5.2.1. Автокорреляция и включение лаговой зависимой переменной ... 203
5.2.2. Погрешность измерения в объясняющей переменной ... 205

5.2.3. Эндогенность и смещение оценок, вызванное пропущенной переменной 207
5.2.4. Одновременность и обратная причинно-следственная связь 209
5.3. Метод инструментальных переменных 212
5.3.1. Оценка при наличии одного эндогенного регрессора с помощью одного инструмента 212
5.3.2. Кейнсианская модель 219
5.3.3. Проблема погрешности измерения 220
5.3.4. Модели с несколькими эндогенными регрессорами 221
5.4. Пример: оценка отдачи от образования 222
5.5. Альтернативные подходы к оценке причинно-следственных связей 228
5.6. Обобщенный метод инструментальных переменных 231
5.6.1. Модель с множеством эндогенных регрессоров с произвольным числом инструментов 231
5.6.2. Двухшаговый метод наименьших квадратов и кейнсианская модель 235
5.6.3. Тесты на спецификацию 236
5.6.4. Слабые инструменты 238
5.6.5. Применение метода инструментальных переменных и представление результатов 240
5.7. Институты и экономическое развитие 241
5.8. Обобщенный метод моментов 246
5.8.1. Пример 247
5.8.2. Обобщенный метод моментов 249
5.8.3. Несколько простых примеров 252
5.8.4. Слабая идентификация 253
5.9. Пример: оценка модели межвременного ценообразования на капитал 254
Выводы 259
Упражнения 260

6. Метод максимального правдоподобия и тесты на ошибки спецификации 262
6.1. Введение в ML 263
6.1.1. Некоторые примеры 263
6.1.2. Общие свойства 267
6.1.3. Пример (продолжение) 271
6.1.4. Модель нормальной линейной регрессии 272
6.1.5. Модель стохастической границы призводственных возможностей 274
6.2. Тестирование ошибок спецификации 276
6.2.1. Три принципа тестирования 276

6.2.2. Тест множителей Лагранжа 278
6.2.3. Пример (продолжение) 282
6.3. Тесты в модели линейной регрессии с нормально распределенными ошибками 283
6.3.1. Тестирование на наличие пропущенных переменных 284
6.3.2. Тестирование на гетероскедастичность 285
6.3.3. Тестирование на автокорреляцию ошибок 286
6.4. Метод максимизации функции квазиправдоподобия и тестирование моментных условий 288
6.4.1. Метод максимизации функции квазиправдоподобия 288
6.4.2. Тестирование моментных условий 290
6.4.3. Тестирование на нормальность 291
Выводы 292
Упражнения 294

7. Модели с ограниченными зависимыми переменными 297

7.1. Модели бинарного выбора 298
7.1.1. Использовать ли линейную регрессию? 298
7.1.2. Представление моделей бинарного выбора 299
7.1.3. Базовая латентная модель 302
7.1.4. Оценка 303
7.1.5. Оценка качества модели 304
7.1.6. Пример: влияние размера пособий по безработице на вероятность их получения 308
7.1.7. Тесты на ошибку спецификации в моделях бинарного выбора 312
7.1.8. Ослабление некоторых предположений в моделях бинарного выбора 314
7.2. Модели множественного выбора 315
7.2.1. Модели упорядоченного выбора 316
7.2.2. О нормализации 318
7.2.3. Пример: объяснение кредитных рейтингов компаний 318
7.2.4. Пример: готовность платить за национальные заповедники 322
7.2.5. Модели множественного выбора 325
7.3. Модели для счетных данных 330
7.3.1. Пуассоновская регрессионнная модель и отрицательные биномиальные модели 330
7.3.2. Пример: патенты и расходы на НИОКР 335
7.4. Тобит-модели 339
7.4.1. Стандартная тобит-модель 340
7.4.2. Оценка тобит-модели 342

7.4.3. Пример: расходы на алкоголь и сигареты (часть 1) 344
7.4.4. Тестирование спецификации в тобит-модели 348
7.5. Развитие тобит-моделей 351
7.5.1. Тобит-модель II типа 352
7.5.2. Оценка 356
7.5.3. Дальнейшее развитие модели 359
7.5.4. Пример: расходы на алкоголь и сигареты (часть 2) 360
7.6. Смещение, связанное с отбором 365
7.6.1. Природа неслучайного отбора 365
7.6.2. Полупараметрическая оценка модели отбора 368
7.7. Оценка эффекта от участия в программе 369
7.7.1. Оценка эффекта с использованием регрессии 372
7.7.2. Разрывные регрессии 377
7.7.3. Взвешивание и мэтчинг 379
7.8. Модели длительности 382
7.8.1. Риск и функция дожития 382
7.8.2. Типы данных и методы оценки 385
7.8.3. Пример: продолжительность деловых отношений с банком 388
Выводы 390
Упражнения 391

8. Модели одномерных временных рядов 395

8.1. Введение 396
8.1.1. Некоторые примеры 396
8.1.2. Стационарность и автокорреляционная функция 399
8.2. Модели типа ARMA 402
8.2.1. Аналитическое представление процесса ARMA 402
8.2.2. Обратимость полинома оператора сдвига 405
8.2.3. Общие корни 407
8.3. Стационарность и единичные корни 408
8.4. Тестирование на единичные корни 411
8.4.1. Тестирование на единичные корни в авторегрессионных моделях первого порядка 411
8.4.2. Тестирование на единичные корни в авторегрессионных моделях более высокого порядка 415
8.4.3. Направления дальнейшего развития 417
8.4.4. Пример: индекс курсов акций и индекс прибыльности 418
8.5. Пример: долгосрочный паритет покупательной способности (часть 1) 422

8.6. Оценка моделей ARMA 426
8.6.1. Метод наименьших квадратов 427
8.6.2. Метод максимального правдоподобия 428
8.7. Выбор модели 429
8.7.1. Автокорреляционная функция 430
8.7.2. Частная автокорреляционная функция 432
8.7.3. Диагностика модели 433
8.7.4. Критерии отбора моделей 434
8.8. Пример: устойчивость инфляции 435
8.9. Прогнозирование с помощью моделей ARMA 439
8.9.1. Оптимальный прогноз 440
8.9.2. Точность прогноза 443
8.9.3. Расчет прогноза 445
8.10. Пример: теория временной структуры процентных ставок 447
8.11. Авторегрессионная условная гетероскедастичность 452
8.11.1. Модели ARCH и GARCH 452
8.11.2. Оценка и прогнозирование 457
8.11.3. Пример: волатильность ежедневных обменных курсов 460
8.12. Немного о многофакторных моделях 462
Выводы 463
Упражнения 465

9. Модели многомерных временных рядов 469
9.1. Динамические модели со стационарными переменными 470
9.2. Модели с нестационарными переменными 474
9.2.1. Ложная регрессия 474
9.2.2. Коинтеграция 476
9.2.3. Коинтеграция и механизм коррекции ошибок 480
9.3. Пример: долгосрочный паритет покупательной способности (часть 2) 482
9.4. Модели векторной авторегрессии 485
9.5. Коинтеграция: многомерный случай 490
9.5.1. Коинтеграция в модели VAR 490
9.5.2. Пример: коинтеграция в двумерной модели VAR 493
9.5.3. Тестирование на коинтеграцию 495
9.5.4. Пример: долгосрочный паритет покупательной способности (часть 3) 499
9.6. Пример: спрос на деньги и инфляция 501
Выводы 509
Упражнения 510

10. Модели панельных данных 513

10.1. Введение в анализ панельных данных 514
10.1.1. Эффективность оценок 516
10.1.2. Идентификация параметров 517
10.2. Статическая линейная модель 518
10.2.1. Модель с фиксированными эффектами 519
10.2.2. Оценка в первых разностях 522
10.2.3. Модель со случайными эффектами 524
10.2.4. Фиксированные или случайные эффекты? 528
10.2.5. Качество подгонки 530
10.2.6. Альтернативные подходы к оценке на базе метода инструментальных переменных 532
10.2.7. Робастные статистические выводы 534
10.2.8. Тестирование на гетероскедастичность и автокорреляцию 538
10.2.9. Подход Фамы — МакБета 540
10.3. Пример: объяснение индивидуальной заработной платы 542
10.4. Динамические линейные модели 545
10.4.1. Авторегрессионная модель панельных данных 545
10.4.2. Динамические модели с экзогенными переменными 552
10.4.3. Слишком много инструментов 553
10.5. Пример: соотношение долга и собственного капитала 556
10.6. Панели временных рядов 564
10.6.1. Неоднородность 565
10.6.2. Первое поколение тестов на единичный корень в панельных данных 567
10.6.3. Второе поколение тестов на единичный корень в панельных данных 571
10.6.4. Тесты на панельную коинтеграцию 573
10.7. Модели с ограниченными зависимыми переменными 574
10.7.1. Модели бинарного выбора для панелей 575
10.7.2. Логит-модель с фиксированными эффектами 576
10.7.3. Пробит-модель со случайными эффектами 578
10.7.4. Тобит-модель 580
10.7.5. Динамика и проблема начальных значений 581
10.7.6. Полупараметрические методы оценки 583
10.8. Несбалансированные панели и смещение, связанное с неслучайностью отбора 584
10.8.1. Оценивание при наличии случайно пропущенных данных 585
10.8.2. Тестирование смещения из-за неслучайности отбора 587
10.8.3. Оценивание при наличии неслучайно пропущенных данных 589

10.9. Псевдопанели и повторяющиеся перекрестные данные....591
10.9.1. Модель с фиксированными эффектами....592
10.9.2. Интерпретация в рамках метода инструментальных переменных....594
10.9.3. Динамические модели....596
Выводы....598
Упражнения....600

A. Векторы и матрицы....606
A.1. Терминология....606
A.2. Операции с матрицами....607
A.3. Свойства матриц и векторов....609
A.4. Обратная матрица....609
A.5. Идемпотентная матрица....611
A.6. Собственные числа и собственные векторы....611
A.7. Правила вычисления производных....612
A.8. Некоторые результаты, используемые в методе наименьших квадратов....613

B. Статистика и теория вероятностей....615
B.1. Дискретные случайные величины....615
B.2. Непрерывные случайные величины....616
B.3. Свойства математического ожидания и моменты....617
B.4. Многомерное распределение....618
B.5. Условное распределение....620
B.6. Нормальное распределение....621
B.7. Статистические распределения....624

Литература....627
Глоссарий....653
Над книгой работали....670

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО К РУССКОЯЗЫЧНОМУ ИЗДАНИЮ

Читателю предлагается учебник «Путеводитель по современной эконометрике» Марно Вербика, который давно получил мировое признание в академической среде и среди практиков, использующих эконометрические методы в анализе данных. Это второе издание учебника в России. Более ранний вариант — это перевод первого издания. Мы представляем читателю перевод пятого издания, вышедшего за рубежом в 2017 г.

Эконометрика — наука молодая, но чрезвычайно востребованная в таких областях экономики, как финансовая аналитика, маркетинг, экономика труда, региональная экономика, оценка экономической политики и др. Она также востребована в современных исследованиях и аналитических работах по социологии, политологии и демографии. Эконометрика как прикладная наука постоянно развивается, отвечая на запросы, возникающие при решении тех или иных задач анализа данных. Поэтому базовые для любого учебника разделы эконометрики в последнем издании дополнены новыми, такими как проблема отсутствующих данных и выбросов, иллюстрация выбора спецификации модели на примере прогнозирования доходности фондового индекса, пояснение выбора инструментов на примере установления причинно-следственной связи между институтами и экономическим развитием, обсуждение проблемы неслучайного отбора и подходов к оценке эффекта проводимых реформ и регулирующих воздействий, модели дожития, анализ несбалансированных панелей и псевдопанелей и многое другое.

Чем ценен учебник Марно Вербика? Во-первых, он отлично сбалансирован по сочетанию теории и практики. Читатель найдет множество примеров построения эконометрических моделей и тестирования гипотез, которые прекрасно иллюстрируют теоретические положения. Каждая глава завершается несложными вопросами и заданиями для практических упражнений в статистической программе с реальными данными, которые взяты из статей, давших в свое время толчок развитию эконометрики и экономической теории и получивших широкое признание. Файлы с данными также доступны.

Во-вторых, учебник подходит и для тех, кто изучает эконометрику впервые, и для тех, кто хочет понять особенности применения той или иной эконометрической техники. Начинающим Марно Вербик советует ограничиться несколькими главами, сделав упор на первые пять из них. Если же читатель учебника хорошо знаком с основами эконометрики, автор советует выбрать траектории изучения, например, сосредоточившись либо на анализе моделей с дискретными данными и уделив внимание методу максимального правдоподобия, либо на анализе одномерных и многомерных временных рядов, либо на анализе панельных данных во всем их многообразии, включая результаты

развития эконометрики временных рядов и эконометрики дискретных данных.

В-третьих, примеры, приведенные в учебнике, ценны сами по себе. Они иллюстрируют отдельные важные положения финансовой аналитики, стратегического управления финансами, микроэкономики, экономики труда, институциональной экономики. Акцент на эконометрической составляющей позволяет понять, в какой мере теоретические положения подтверждаются реальными данными, а в какой — подвергаются сомнению и критическому переосмыслению из-за нарушения предпосылок модели или проблем с данными.

В-четвертых, Марно Вербик, сохраняя концепцию учебника, очень деликатно направляет читателя к дополнительным материалам — к главам других учебников, статьям, которые позволяют получить более глубокие знания в интересующем разделе эконометрики. Таким образом, книга «Путеводитель по современной эконометрике» полностью оправдывает свое название: дает ответы, основываясь на последних достижениях в области эконометрики, предоставляет читателю возможность самостоятельно выбрать траекторию изучения эконометрики с учетом сложности и глубины представленного материала.

Учебник написан простым языком, и в переводе мы стремились эту простоту изложения сохранить. Поскольку основное приращение эконометрика получает в англоязычной литературе, мы сохранили англоязычную аббревиатуру для ключевых терминов и оставили без перевода фамилии большинства ученых, внесших вклад в ее развитие. Исключение сделано для тех, чьи имена уже широко известны в российской экономической науке. Это позволит читателю без лишних усилий обратиться к актуальной литературе по теме. Мы также добавили глоссарий, где сопоставляются русские и английские термины эконометрики, для удобства продолжения изучения материала по разнообразным и постоянно пополняющимся англоязычным источникам. В таком большом учебнике неизбежны опечатки. Будем благодарны читателям за присланные комментарии о замеченных неточностях.

Коллектив переводчиков благодарен помощи коллег, подсказавших, как лучше перевести те или иные термины из разных разделов экономики — финансов, рынков ценных бумаг, микроэкономики, а также термины статистики и панельных данных. Мы благодарим за ценные советы ординарного профессора, д.э.н. И.В. Ивашковскую, профессора, к.ф.-м.н. П.К. Катышева, В.А. Лапшина, доцента, к.ф.-м.н. Т.А. Ратникову, профессора, д.э.н. А.А. Фридман и к.э.н. К.К. Фурманова. Колоссальную помощь в подготовке учебника оказал ординарный профессор, д.э.н. А.А. Пересецкий, который очень помог улучшить перевод. Спасибо ему огромное!

Елена Котырло,
профессор департамента
прикладной экономики НИУ ВШЭ,
д.э.н., PhD in Economics

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Император Иосиф II: «Ваше произведение гениально. Это отличная работа. Но в нем слишком много нот, вот что. Просто уберите лишние, и оно станет идеальным».

Вольфганг Амадей Моцарт: «Какие из них Вы имели в виду, Ваше Величество?»

Из фильма Амадей, 1984
(режиссер Милош Форман)

В последние три десятилетия эконометрика стремительно развивалась, а использование самых последних эконометрических методов становится все более стандартной практикой в эмпирической работе во многих областях экономики. Типичные вопросы практического применения эконометрики включают тестирование на единичные корни, коинтеграцию, оценку обобщенным методом моментов, расчет стандартных ошибок, устойчивых к гетероскедастичности и автокорреляции, моделирование условной гетероскедастичности, установление причинно-следственной связи в оценке реформ и регулирующих воздействий, модели панельных данных, модели с ограниченными зависимыми переменными, эндогенные регрессоры и проблему неслучайного отбора. Одновременно программное обеспечение для эконометрических задач становится все более дружественным и отвечающим современным запросам. Поэтому пользователи могут реализовать весьма продвинутые эконометрические техники даже без базовых представлений о теориях и без понимания их потенциальных недостатков и подводных камней. В то же время многие классические учебники по эконометрике уделяют непропорционально большое внимание стандартной модели линейной регрессии, в которой требуется выполнение набора самых строгих предпосылок. Излишне уже говорить о том, что эти предположения редко удовлетворяются на практике (да это и не особенно важно). В то же время продвинутые учебники по эконометрике часто слишком техничны или слишком подробны для рядового экономиста, чтобы понять основные идеи и извлечь необходимую информацию. Данная книга пытается восполнить имеющийся пробел.

Цель книги: ознакомить читателя с широким кругом тем современной эконометрики, сосредоточив внимание на том, что важно для понимания и проведения эконометрического анализа. Это означает, что учебник является руководством (а не обзором) для использования эконометрических методов. Следовательно, он фокусируется не на формулах, сопровождающих те или иные методы (хотя необходимые формулы и приводятся), и не на формальных доказательствах, а на интуиции, стоящей за методами, и на их практической значимости. Книга охватывает широкий круг тем, которые обычно

не содержатся в учебниках такого уровня. В частности, внимание уделяется коинтеграции, обобщенному методу моментов, моделям с ограниченными зависимыми переменными и моделям панельных данных. В учебнике рассматривается развитие методов анализа временных рядов, перекрестных и панельных данных. Более 25 подробных эмпирических примеров, представленных в отдельных разделах, взяты из таких областей, как экономика труда, финансы, международная экономика, потребительское поведение, экономика природопользования и макроэкономика. Эти примеры обсуждаются в деталях и интерпретируют результаты эконометрического анализа соответствующих экономических проблем. Каждый из них занимает от двух до девяти страниц текста. Как и для ранних изданий учебника, файлы с данными доступны через вспомогательный веб-сайт этой книги[1]. Помимо этого, некоторые упражнения также имеют эмпирический характер и для их выполнения необходимы фактические данные.

То, что книга выдержала пять изданий, подтверждает ее большую востребованность. Учебник тщательно отредактирован и обновлен с учетом последних достижений и накопленных знаний в эконометрике. Он включает новые материалы по таким темам, как установление причинно-следственной связи, применение и ограничения использования *p*-значений, оценка методом инструментальных переменных и его применение, разрывные регрессии, стандартизированные коэффициенты и представление результатов эконометрического моделирования. Появились также несколько новых эмпирических примеров, а другие — обновлены. В частности, чтобы проиллюстрировать применение инструментальных переменных, добавлен раздел 5.7, содержащий новый пример установления причинно-следственной связи между институтами и экономическим развитием. В целом я стремился к краткости изложения материала и интуитивно простому объяснению, давая ссылки на первоисточники там, где это было возможно. Там, где было необходимо, особое внимание уделялось проблемам проведения эмпирического анализа (например, в вопросах идентификации). В соответствии с изменениями в тексте в данном издании добавлено большое количество новых ссылок на литературу. В последние десятилетия многие работы по эконометрике нередко содержат критические обзоры и практические рекомендации, как в конкретных областях использовать продвинутые эконометрические методы, такие как робастные стандартные ошибки, модели с неслучайным отбором или методы, устанавливающие причинно-следственную связь, поэтому в тексте приводятся ссылки на различные статьи и учебники.

Данный учебник формировался по записям лекций, которые читались по курсу прикладной эконометрики на программах магистратуры по экономике в

[1] На момент издания перевода на русском языке файлы с данными можно найти здесь: https://sourceforge.net/projects/gretl/files/datafiles/verbeek_data.exe/download. — *Примеч. науч. ред.*

Лёвенском католическом университете (Бельгия) и Тилбургском университете (Нидерланды). Он написан для широкой аудитории экономистов-практиков и студентов, изучающих экономику, которые хотели бы ознакомиться с новыми эконометрическими подходами и методами, важными для проведения, понимания и критической оценки эмпирического исследования. Учебник отлично подходит для курсов прикладной эконометрики на уровне магистратуры или аспирантуры. В некоторых образовательных программах он может использоваться на одной или нескольких учебных дисциплинах на уровне бакалавриата при условии, что студенты имеют необходимые знания в статистике. Отдельные главы второй части книги могут использоваться на более продвинутых курсах, посвященных, например, таким темам, как панельные данные, модели с ограниченными зависимыми переменными или анализ временных рядов. Кроме того, учебник может служить в качестве руководства для менеджеров, аналитиков и практиков, желающих пополнить или актуализировать свои знания по эконометрике. Во всех главах учебника матричная алгебра используется очень ограниченно.

Я очень благодарен Arie Kapteyn, Bertrand Melenberg, Theo Nijman и Arthur van Soest, которые внесли неоценимый вклад в мое понимание эконометрики и сформировали мой образ мышления по многим вопросам. Тот факт, что некоторые из их идей материализовались в этой книге, является данью их усилиям. Я также многим обязан нескольким поколениям студентов, которые помогли мне сформировать текст учебника в его нынешнем виде. Я очень благодарен многим людям, которые прочитали части рукописи и дали комментарии и предложения по первым трем изданиям. В частности, я хотел бы поблагодарить Niklas Ahlgren, Sascha Becker, Peter Boswijk, Bart Capéau, Geert Dhaene, Tom Doan, Peter de Goeij, Joop Huij, Ben Jacobsen, Jan Kiviet, Wim Koevoets, Erik Kole, Marco Lyrio, Konstantijn Maes, Wessel Marquering, Bertrand Melenberg, Paulo Nunes, Анатолия Пересецкого, Francesco Ravazzolo, Regina Riphahn, Max van de Sande Bakhuyzen, Erik Schokkaert, Peter Sephton, Arthur van Soest, Ben Tims, Frederic Vermeulen, Patrick Verwijmeren, Guglielmo Weber, Olivier Wolthoorn, Kuo-chun Yeh и анонимных рецензентов. Конечно, я несу полную ответственность за любые оставшиеся ошибки. Особая благодарность Jean-Francois Flechet за помощь со многими эмпирическими иллюстрациями и конструктивные комментарии к черновым вариантам книги. Наконец, я хочу поблагодарить мою жену Марселлу и наших троих детей — Тимо, Талию и Тамару — за их безграничное терпение и понимание, когда вместо того, чтобы быть вместе с ними, мыслями я был в работе над книгой.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1. Об эконометрике

Экономистов нередко интересует взаимосвязь между различными количественными величинами, например, между размером заработной платы и уровнем образования. Наиболее важными задачами эконометрики являются количественная оценка таких взаимосвязей на основе имеющихся данных и с использованием статистических методов, а также их интерпретация и грамотное применение полученных результатов. Таким образом, эконометрика представляет собой сочетание экономической теории, наблюдаемых данных и статистических методов. Именно это делает эконометрику интересной, увлекательной и, возможно, сложной для понимания. На одном из семинаров по эконометрике мне довелось услышать фразу: «Эконометрика была бы намного проще без данных».

Традиционно эконометрика фокусируется на экономических соотношениях между агрегированными данными. Макроэкономические модели, состоящие из уравнений, от нескольких до многих сотен, задаются, оцениваются и используются в оценке управленческих действий и прогнозировании. Недавние теоретические разработки в этой области, прежде всего концепция коинтеграции, привлекли повышенное внимание к моделированию макроэкономических взаимосвязей и их динамики, хотя, как правило, исследования решают отдельные задачи экономики. Начиная с 1970-х годов эконометрические методы все шире применяются в микроэкономике, они описывают поведение индивидов, домохозяйств или компаний. Это произошло благодаря развитию соответствующих эконометрических моделей и методов, которые учитывают такие проблемы, как дискретность зависимых переменных и самоотбор, а также благодаря доступности больших массивов данных опросов и растущих вычислительных мощностей. В последнее время эмпирический анализ финансовых рынков способствовал появлению большого количества теоретических разработок в эконометрике. На сегодняшний день эконометрика играет большую роль во всех областях экономики без исключения, и в большинстве случаев оказывается недостаточным оценить несколько моделей регрессии и дать интерпретацию результатов. Вследствие этого учебники по основам эконометрики обычно не могут рассматриваться как достаточно

исчерпывающее пособие для практиков. В то же время учебники, представляющие продвинутый курс эконометрики, зачастую слишком сложны и насыщенны, чтобы рядовой экономист мог понять основную идею и усвоить необходимую информацию. Таким образом, существует потребность в простом учебнике, в котором бы обсуждались последние передовые разработки в области эконометрики.

Взаимосвязи, интересующие экономистов, формально задаются в математических терминах, что ведет к созданию эконометрических и статистических моделей. Такие модели позволяют отклоняться от строгих теоретических взаимосвязей вследствие погрешности измерений, непредсказуемого поведения, ошибок оптимизации или случайных обстоятельств. В целом эконометрические модели можно разделить на несколько категорий.

Модели первого типа описывают взаимоотношения между настоящим и прошлым. Например, как ставка процента по краткосрочным займам зависит от значений прошлых периодов? У этого типа моделей, как правило, называемых моделями временного ряда, обычно не хватает экономико-теоретического обоснования, модели строятся преимущественно для получения прогнозов будущих значений и связанной с ними неопределенности или волатильности.

Модели второго типа анализируют взаимосвязи между экономическими величинами за определенный период времени. Эти взаимосвязи дают информацию о том, как (агрегированные) экономические величины изменяются во времени относительно других величин. Например, что происходит со ставкой процента по долгосрочным займам, если финансовый регулятор корректирует ставку по краткосрочным займам? Такие модели часто дают возможность получить представление о действующих экономических процессах.

Модели третьего типа описывают взаимосвязи между различными переменными, измеренными в определенный момент времени для различных агентов (например, для домохозяйств или компаний). Чаще всего этот тип взаимосвязей может объяснить, почему эти агенты различны и ведут себя по-разному, например, проанализировать, в какой степени разница в сбережениях домохозяйств может быть связана с разницей в доходах этих домохозяйств. Такие перекрестные взаимосвязи при определенных условиях используются для анализа вопросов типа «что, если». Например, насколько вырастут сбережения определенного или среднестатистического домохозяйства, если его доход увеличится на 1%?

Наконец, можно рассмотреть взаимосвязи между различными переменными, измеренными для разных агентов за более длительный период времени (хотя бы за два периода). Эти взаимосвязи одновременно описывают различия между разными индивидуумами (почему один человек сберегает больше, чем другой?) и различия в поведении определенного индивидуума во времени (почему определенный человек в 1992 г. сберегал больше, чем в 1990 г.?). Для такого типа моделей обычно требуются панельные данные, т.е. повторяющи-

еся наблюдения за одними и теми же агентами. Они идеально подходят для анализа регулирующих воздействий на индивидуальном уровне при условии, что структура модели останется прежней в (ближайшем) будущем.

Задача эконометрики состоит в том, чтобы предложить модель, которая описывает интересующие взаимосвязи, и количественно оценить их. Другими словами, эконометристы формулируют статистическую модель, обычно основанную на экономической теории, сравнивают ее с данными и пытаются подобрать спецификацию, которая отвечает поставленной цели. Неизвестные элементы спецификации, параметры, *оцениваются* на выборке имеющихся данных. Другая задача эконометриста — оценить, является ли полученная модель подходящей. Иначе говоря, проверить, верны ли предположения, сделанные для выбора метода оценивания (и его свойств), и можно ли данную модель использовать. Например, можно ли применить ее для прогнозирования или анализа воздействия реформ? Часто экономическая теория подразумевает, что к оцениваемой модели применяются определенные ограничения. В частности, гипотеза эффективного рынка предполагает, что доходность фондового рынка невозможно предсказать ее значениями для прошлых периодов. Важная задача эконометрики — формулировка таких гипотез относительно параметров модели и проверка их достоверности.

Количество эконометрических методов, которые могут быть использованы, велико, и их достоверность часто существенно зависит от обоснованности сделанных предположений. Автор данной книги пытается провести читателя через лес процедур оценивания и тестирования, при этом не описывая красоту всех уникальных деревьев в нем, а постепенно проходя через этот лес по четко заданному пути, избегая ненужных развилок и подчеркивая сходство различных видов деревьев, которые встречаются на пути, а также указывая на опасные препятствия. Надеюсь, прогулка будет приятной и позволит читателю не заблудиться в эконометрической чаще.

1.2. Структура книги

Как и большинство учебников, данная книга начинается с обсуждения модели линейной регрессии и оценки методом наименьших квадратов. В главе 2 представлены основы этого важного метода оценки, с некоторым акцентом на его достоверность при довольно слабых условиях, а глава 3 посвящена интерпретации моделей и сравнению альтернативных спецификаций. В главе 4 рассматриваются два частных отклонения от стандартных предположений линейной регрессии: автокорреляция и гетероскедастичность ошибки. Также обсуждается, как можно протестировать их наличие, как они влияют на достоверность оценки методом OLS и как это можно скорректировать. Здесь также рассматриваются критический анализ спецификации модели, использование

скорректированных стандартных ошибок для OLS и альтернативных методов оценивания. Материал, изложенный в данных главах, важен для изучения следующих тем и является базовым для любого курса эконометрики.

В главе 5 представлено еще одно отклонение от стандартных предположений линейной модели, фатальное для метода OLS. Если ошибка коррелирует с одной или несколькими независимыми переменными, все хорошие свойства оценки OLS исчезают, и необходимо использовать альтернативные методы. Это акцентирует проблему установления причинно-следственной зависимости на реальных (неэкспериментальных) данных. В главе обсуждаются метод инструментальных переменных и обобщенный метод моментов. Эта часть книги, по крайней мере, ее первые параграфы, также рекомендуется в качестве обязательной части любого курса эконометрики.

Глава 6 имеет в основном теоретический характер и посвящена оценке максимального правдоподобия (*Maximum Likelihood*, ML). Поскольку в эмпирических исследованиях ML часто критикуют за его чувствительность к выполнению предположений о характере распределения, оно не обсуждается в предыдущих главах, где в доступной форме представлены альтернативные методы оценки, которые либо более надежны, чем ML, либо (асимптотически) эквивалентны ему. Особое внимание в главе 6 уделяется тестированию ошибочности спецификации, основанному на методе множителей Лагранжа. Несмотря на то что во многих эмпирических исследованиях предположение о характере распределения считается само собой разумеющимся, его достоверность имеет решающее значение для состоятельности получаемых оценок и поэтому должно тестироваться. Часто эти тесты выполняются относительно просто, хотя большинство статистических программ (пока) не предоставляют их как готовое решение. Глава 6 необходима для понимания материала главы 7 о моделях с ограниченной зависимой переменной и некоторых разделов глав 8–10.

В главе 7 представлены модели, которые обычно (но не исключительно) используются в микроэкономике, где зависимая переменная является дискретной (например, нулем или единицей), частично дискретной (например, нулем или положительным значением) или непрерывной. В этой главе рассматриваются пробит-модель, модель логистической регрессии и цензурированная (тобит) модель, их расширения, а также модели для счетных данных и модели длительности. Глава также включает критическое обсуждение проблемы самоотбора экономических агентов в выборку. Особое внимание уделяется альтернативным подходам к оценке причинно-следственной связи между регулирующим воздействием (реформой) и результирующей переменной в случае, если воздействие неслучайно («эффектом от воздействия»).

В главах 8 и 9 обсуждаются различные аспекты моделирования временных рядов, включая единичные корни, коинтеграцию и модель коррекции

ошибок. Материал этих глав можно изучать непосредственно после глав 4 и 5, за исключением нескольких разделов, использующих метод ML. Теоретическое развитие анализа временных рядов в последние три десятилетия было весьма значительным, и многие из недавних учебников практически сосредоточились исключительно на этом виде анализа. Одномерные модели временных рядов рассматриваются в главе 8. Для них разработаны модели, которые описывают некоторый экономический показатель его прошлыми значениями. К ним относятся модели авторегрессионного интегрированного скользящего среднего (*Autoregressive Integrated Moving Average*, ARIMA), а также обобщенные авторегрессионные модели (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, GARCH) для условной дисперсии ряда. Модели многомерных временных рядов, которые рассматривают несколько переменных одновременно, изучаются в главе 9. К ним относятся модели векторной авторегрессии, коинтеграции и коррекции ошибок.

Наконец, в главе 10 рассматриваются модели для панельных данных. Панельные данные — это повторяющиеся наблюдения за одними и теми же экономическими агентами (например, за домохозяйствами, фирмами или странами). В последние десятилетия панельные данные широко используются во многих областях экономики. Микроэкономические панели по домохозяйствам и фирмам относительно доступны, и благодаря увеличению вычислительных мощностей использовать их стало проще, чем в недалеком прошлом. Кроме того, все более распространенным становится объединение временных рядов по странам. Одной из причин может быть то, что, как считают исследователи, сравнение стран в некоторый период времени дает интересную информацию в добавление к сравнению страны с ее собственным прошлым. В этой главе обсуждаются последние достижения, связанные с единичными корнями и коинтеграцией в панельных данных. Отдельный раздел посвящен повторяющимся выборкам и псевдопанелям.

В конце книги читатель найдет два небольших приложения, где приведены сведения из матричной алгебры и статистики, используемые в тексте. В частности, рассмотрены свойства (двумерного) нормального распределения, его условные математические ожидания и дисперсии.

По моему опыту материал данной книги слишком велик для изучения его в рамках одного курса. На основе различных глав могут быть составлены разные курсы. Например, основной курс прикладной эконометрики для магистров должен охватывать главы 2, 3, 4 и часть главы 5, а затем необходимо переходить к отдельным частям глав 8 и 9 (в том случае, если основное внимание уделяется анализу временных рядов) или к разделу 6.1 и главе 7 (в том случае, если основное внимание уделяется моделям для перекрестных данных). Более продвинутый курс для бакалавров и магистров может быть сфокусирован на временных рядах (главы 8 и 9), микроэконометрике (главы 6 и 7) или на панельных данных (глава 10 и некоторые разделы глав 6 и 7).

С учетом направленности и объема книги мне пришлось неоднократно выбирать, какой материал представить, а какой нет. Я не хотел утомлять читателя деталями, которые считал несущественными или не имеющими прикладного значения. Основная цель состояла в том, чтобы дать общий и всесторонний обзор различных методологий и подходов, сосредоточив внимание на том, что имеет значение для практического применения и понимания эмпирической работы. Некоторые темы рассмотрены очень кратко без подробного обсуждения. Чтобы компенсировать это, я постарался привести ссылки на другие источники там, где это необходимо, включая специализированные учебники, обзорные статьи и отдельные главы из учебников, а также руководства с рекомендациями для практиков.

1.3. Примеры и упражнения

В большинстве глав приводятся различные эмпирические примеры. Хотя эти примеры можно пропустить без потери логики повествования, они содержат важные аспекты по применению методов, обсуждаемых в тексте. К тому же я пытался привести примеры, которые представляют экономический интерес, используя данные, типичные для текущей эмпирической работы и охватывающие широкий спектр различных областей. Это означает, что большинство наборов данных используются в недавно опубликованных эмпирических исследованиях и являются довольно большими по количеству как наблюдений, так и переменных. С учетом уровня вычислительных средств эмпирическая обработка таких больших наборов данных обычно не представляет проблем.

Изучение эконометрики не ограничивается изучением материалов, представленных в учебнике. Практический опыт имеет решающее значение в процессе понимания различных методов и того, как и когда их применять. Поэтому читателям настоятельно рекомендуется приобрести практические навыки и оценить ряд моделей, используя подходящие и не совсем подходящие методы, а также провести различные тесты спецификации модели. Поскольку современное программное обеспечение все более доступно, расчеты даже самых сложных оценок и тестовых статистик становятся часто на удивление простыми, однако иногда эта доступность может привести к неверному их применению. Это означает, что даже при использовании неверных данных, моделей и методов статистические пакеты могут выдать результаты, которые на первый взгляд кажутся правильными. Чтобы уберечь практика от подобных ситуаций, необходим некоторый опыт, и данная книга играет в этом важную роль.

Чтобы подтолкнуть читателя к применению реальных данных и оценке моделей, почти все наборы, используемые в этом тексте, доступны на сайте

https://sourceforge.net/projects/gretl/files/datafiles/verbeek_data.exe/download[1]. Читателям предлагается самостоятельно оценить модели, представленные в книге, и проверить, совпадают ли их результаты, а также поэкспериментировать с альтернативными спецификациями и методами. В некоторых упражнениях используются те же или дополнительные наборы данных. Следует подчеркнуть, что для методов оценки, требующих численной оптимизации, различные программы, алгоритмы или настройки могут дать несколько иные результаты. Тем не менее результаты должны получиться близкими к представленным.

Я не настаиваю на использовании какого-либо конкретного статистического пакета. Для модели линейной регрессии подойдет любой, а для более сложных методов каждый пакет имеет свои преимущества и недостатки. Как правило, существует компромисс между доступностью пользовательского интерфейса и возможностями статистического пакета. Статистические пакеты, где выбор осуществляется с помощью меню, часто не позволяют вычислять то, что в нем не указано; но, если меню достаточно разнообразно, это не проблема. Статистические пакеты с управлением из командной строки требуют несколько большей компетенции пользователя, но, как правило, они достаточно гибкие. Для примеров в тексте я использовал Eviews, RATS и Stata. Существует несколько альтернативных программ (ориентированных на решение широкого круга эконометрических задач), включая MicroFit, PcGive, TSP и SHAZAM; для более продвинутых методов специалисты по эконометрике используют GAUSS, Matlab, Ox, S-Plus и многие другие программы, а также программное обеспечение для конкретных методов или типов моделей. Обзоры ПО регулярно публикуются в журналах «Journal of Applied Econometrics» и «Journal of Economic Surveys».

Упражнения, представленные в конце каждой главы, состоят из ряда вопросов, которые в первую очередь предназначены для проверки усвоения наиболее важных понятий. Поэтому в них нет углубления в технические детали, что-либо выводить и доказывать не требуется. Кроме того, некоторые упражнения имеют эмпирический характер, и для решения необходимо использовать фактические данные, доступные на сайте книги.

[1] В оригинале книги была приведена ссылка на сайт www.wileyeurope.com/college/verbeek. В связи с тем что в настоящее время она недействующая, в русскоязычном варианте приводится работающая ссылка. — *Примеч. пер.*

Учебное издание

Переводные учебники ВШЭ

Марно Вербик

Путеводитель по современной эконометрике

Зав. книжной редакцией *Е.А. Бережнова*
Редактор *Н.В. Андрианова*
Компьютерная верстка: *О.А. Быстрова*
Корректоры: *Н.В. Ананьева*, *Е.Е. Андреева*
Художник *В.П. Коршунов*

Все новости издательства — http://id.hse.ru

По вопросам закупки книг
обращайтесь в отдел реализации
Тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15295, 15296, 15297
bookmarket@hse.ru

Формат 70×100/16. Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная
Усл. печ. л. 54,6. Уч.-изд. л. 42,0. Тираж 500 экз. Изд. № 2674

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
Тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15285

Отпечатано в АО «ИПК «Чувашия»
428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 13
Тел.: +7 8352 56-00-23

ДЛЯ ЗАМЕТОК