

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АКАДЕМИЧЕСКИЙ УЧЕБНИК

Э. Колин Кэмерон, Правин К. Триведи

МИКРОЭКОНОМЕТРИКА: МЕТОДЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Книга 1



 **ВТБ24**
Большое преимущество



Э. КОЛИН КЭМЕРОН

*профессор экономики
в Калифорнийском
университете в Дэвисе*

Директор университетского Центра по количественным исследованиям в социальных науках. Преподавал в университете штата Огайо, в Индианском университете, в Блумингтоне и ряде австралийских и европейских университетов. Автор публикаций по микроэконометрике в ведущих экономических и эконометрических журналах. Соавтор Правина Триведи по книге «Регрессионный анализ счетных данных».



ПРАВИН К. ТРИВЕДИ

*профессор экономики
Гарвардского университета,
профессор экономики
в Индианском университете
в Блумингтоне*

Преподавал в Австралийском национальном университете и в Саутгемптонском университете, а также в ряде европейских университетов. Его исследования по микроэконометрике опубликованы во многих ведущих эконометрических журналах и журналах экономики здравоохранения. Соавтор Колина Кэмерона по книге «Регрессионный анализ счетных данных», член редакционного совета «Эконометрического журнала» (Econometrics Journal) и «Журнала прикладной эконометрики» (Journal of Applied Econometrics).

ISBN 978-5-7749-0955-1



9 785774 909551

*A. Colin Cameron,
Pravin K. Trivedi*

**MICROECONOMETRICS:
METHODS
AND APPLICATIONS**

*The MIT Press
Cambridge, Massachusetts*

*A. Colin Cameron,
Pravin K. Trivedi*

**MICROECONOMETRICS:
METHODS
AND APPLICATIONS**

*The MIT Press
Cambridge, Massachusetts*



РАНХиГС
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СЕРИЯ

«АКАДЕМИЧЕСКИЙ УЧЕБНИК»

*Э. Колин Кэмерон,
Правин К.Триведи*

**МИКРОЭКОНОМЕТРИКА:
МЕТОДЫ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

Книга 1

*Перевод с английского
Под научной редакцией Б. Демешева*

Рекомендуется Российской академией народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации в качестве учебника для студентов ВПО, обучающихся по экономическим направлениям и специальностям, а также для студентов бакалавриата, углубленно изучающих микроэкономику, студентов магистратуры, аспирантов, преподавателей экономических факультетов вузов.
(Основание – приказ Министерства образования и науки №130 от 22 февраля 2012 г.)



ВТБ24
Большое преимущество

Москва • 2015

УДК 330.4
ББК 65
К98

Издание осуществлено при финансовой поддержке
банка ВТБ 24 (ПАО)

Переводчики:

Сурен Аванян — главы 1–3
Давид Дале — глава 4
Анастасия Тихонова — главы 5–6
Анна Тихонова — главы 7–9
Екатерина Новикова — главы 10–16
Александр Малайрев — главы 17–20
Елена Семерикова — главы 21–23
Иван Станкевич — главы 24–25
Анна Гладышева — главы 26–27
Борис Демешев — приложения

К98 Кэмерон, Э. Колин; Триведи, Правин К.
Микроэконометрика: методы и их применения. Книга 1 / Э. Колин Кэмерон, Правин
К. Триведи; перевод с англ.; под науч. ред. Б. Демешева. — М.: Издательский дом «Дело»
РАНХиГС, 2015. — 552 с. — (Серия «Академический учебник».)

ISBN 978-5-7749-0955-1 (Кн. 1)
ISBN 978-5-7749-0957-5

В книге подробно изложена микроэконометрика — наука, занимающаяся анализом
экономического поведения отдельных индивидов или фирм с использованием регрессий
на пространственных или панельных данных.
Эта книга ориентирована на эконометриста-практика. Предполагается хорошее понима-
ние линейной модели регрессии и матричной алгебры. Книга может послужить учебником
для продвинутого курса по микроэконометрике, прикладной эконометрике или по микро-
экономической дисциплине, ориентированной на работу с фактическими данными. Также
книга может быть использована как справочник магистрантами, аспирантами и прикладны-
ми исследователями, желающими восполнить пробелы в своих знаниях. Среди особенностей
изложения можно отметить: акцент на нелинейных моделях и робастных статистических
процедурах, подробное изложение обобщенного метода моментов, непараметрической ре-
грессии, симуляционных методов, бутстрэп методов, Байесовского подхода, стратифициро-
ванных и кластеризованных выборок, оценки эффекта воздействия, моделирования ошибок
измерения и пропущенных данных. В книге приводится большое количество эмпирических
иллюстраций, в основном использующих семь больших наборов данных.

УДК 330.4
ББК 65

ISBN 978-5-7749-0955-1 (Кн. 1)
ISBN 978-5-7749-0957-5

© A. Colin Cameron and Pravin K. Trivedi 2005
© Cambridge University Press 2005
© ФГБОУ ВПО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации» 2015

Оглавление

Книга 1

Предисловие	1
Часть I. Предварительные сведения	3
Глава 1. Обзор	7
1.1. Введение	7
1.2. Отличительные аспекты микроэконометрики	9
1.2.1. Дискретность и нелинейность	9
1.2.2. Более высокая реалистичность	10
1.2.3. Более высокая насыщенность информацией	11
1.2.4. Микроэкономические основания	11
1.2.5. Деагрегирование и неоднородность	12
1.2.6. Динамика	15
1.3. Структура книги	15
1.3.1. Часть 1. Предварительные сведения	16
1.3.2. Часть 2. Основные методы	17
1.3.3. Часть 3. Методы симуляционного моделирования	17
1.3.4. Часть 4. Модели для пространственных данных	18
1.3.5. Часть 5. Модели анализа панельных данных	19
1.3.6. Часть 6. Дальнейшие темы	19
1.4. Как пользоваться книгой	20
1.5. Программное обеспечение	21
1.6. Обозначения и соглашения	21
Глава 2. Причинно-следственные и статистические модели	24
2.1. Введение	24
2.2. Структурные модели	26
2.3. Экзогенность	28
2.3.1. Условная независимость	29
2.3.2. Экзогенные переменные	29
2.4. Линейная модель одновременных уравнений	30
2.4.1. Система одновременных уравнений	30
2.4.2. Причинная интерпретация в СЛОУ	32
2.4.3. Нелинейный модели и модели скрытых переменных	33
2.4.4. Интерпретация структурных отношений	34
2.5. Идентификация	35
2.6. Модель с одним уравнением	38
2.7. Модели потенциального результата	38
2.7.1. Причинно-следственная модель Рубина	40

2.8.	Причинное моделирование и стратегии оценивания.....	42
2.8.1.	Подходы к идентификации.....	43
2.8.2.	Стратегии идентификации.....	45
2.9.	Библиографические заметки.....	47
Глава 3.	Структуры микроэкономических данных.....	47
3.1.	Введение.....	47
3.2.	Данные наблюдений.....	48
3.2.1.	Природа данных обследования.....	49
3.2.2.	Простая случайная выборка.....	49
3.2.3.	Многоэтапные опросы.....	50
3.2.4.	Смещенные выборки.....	52
3.2.5.	Смещение самоотбора.....	53
3.2.6.	Качество данных опросов.....	55
3.2.7.	Типы данных наблюдения.....	57
3.3.	Данные социальных экспериментов.....	58
3.3.1.	Основные особенности социального эксперимента.....	60
3.3.2.	Преимущества социального эксперимента.....	61
3.3.3.	Ограничения социального эксперимента.....	63
3.4.	Данные естественного эксперимента.....	64
3.4.1.	Естественное экзогенное воздействие.....	65
3.4.2.	Метод «разность разностей».....	67
3.4.3.	Идентифицируемость при естественном эксперименте.....	67
3.5.	Практические соображения.....	67
3.5.1.	Некоторые источники микроданных.....	69
3.5.2.	Обработка микроэконометрических данных.....	70
3.5.3.	Подготовка данных.....	70
3.5.4.	Проверка данных.....	71
3.5.5.	Представление описательных статистик.....	71
3.6.	Библиографические заметки.....	73
Часть II.	Основные методы.....	77
Глава 4.	Линейные модели.....	77
4.1.	Введение.....	77
4.2.	Регрессии и функции потерь.....	78
4.2.1.	Функции потерь.....	78
4.2.2.	Оптимальный прогноз.....	80
4.2.3.	Линейный прогноз.....	81
4.3.	Пример: Отдача от образования.....	82
4.4.	Метод наименьших квадратов.....	83
4.4.1.	Линейная регрессионная модель.....	84
4.4.2.	Оценка МНК.....	84
4.4.3.	Идентификация.....	84
4.4.4.	Распределение оценки МНК.....	87
4.4.5.	Стандартные ошибки для МНК, устойчивые к гетероскедастичности.....	87
4.4.6.	Предположения модели пространственной регрессии.....	88

4.4.7.	Примечания к предположениям.....	89
4.4.8.	Вывод оценки МНК.....	92
4.5.	Взвешенный метод наименьших квадратов.....	95
4.5.1.	ОМНК и доступный ОМНК.....	95
4.5.2.	Взвешенный МНК.....	96
4.5.3.	Пример робастных стандартных ошибок.....	97
4.6.	Медианная и квантильная регрессия.....	99
4.6.1.	Квантили в генеральной совокупности.....	99
4.6.2.	Выборочные квантили.....	101
4.6.3.	Свойства оценок квантильной регрессии.....	101
4.6.4.	Пример квантильной регрессии.....	102
4.7.	Ошибки спецификации модели.....	104
4.7.1.	Несостоятельность МНК.....	104
4.7.2.	Ошибки спецификации функциональной формы.....	105
4.7.3.	Эндогенность.....	106
4.7.4.	Пропущенные переменные.....	106
4.7.5.	Псевдоистинное значение.....	108
4.7.6.	Неоднородность параметров.....	108
4.8.	Инструментальные переменные.....	109
4.8.1.	Несостоятельность МНК.....	109
4.8.2.	Инструментальные переменные.....	111
4.8.3.	Оценка методом инструментальных переменных.....	112
4.8.4.	Оценка Вальда.....	113
4.8.5.	Анализ выборочных ковариации и корреляции.....	113
4.8.6.	Оценка множественной регрессии методом инструментальных переменных.....	114
4.8.7.	Двухшаговый МНК.....	116
4.8.8.	Пример оценки методом инструментальных переменных.....	117
4.9.	Инструментальные переменные на практике.....	118
4.9.1.	Слабые инструменты.....	119
4.9.2.	Несостоятельность оценок метода инструментальных переменных.....	120
4.9.3.	Низкая точность.....	122
4.9.4.	Смещенность в малых выборках.....	123
4.9.5.	Реакция на слабые инструменты.....	125
4.9.6.	Пример использования инструментальных переменных.....	126
4.10.	Практические соображения.....	128
4.11.	Библиографические заметки.....	128
Глава 5.	Оценивание с помощью метода максимального правдоподобия и нелинейного метода наименьших квадратов.....	133
5.1.	Вступление.....	133
5.2.	Обзор нелинейных оценок.....	134
5.2.1.	Пример пуассоновской регрессии.....	134
5.2.2.	M-оценки.....	135
5.2.3.	Асимптотические свойства M-оценок.....	136
5.2.4.	Интерпретация коэффициентов нелинейной регрессии.....	139
5.3.	Экстремальные оценки.....	142

25.5.	Оценка методом разность разностей	994
25.6.	Разрывный дизайн	995
25.6.1.	Разрывный механизм назначения воздействия	995
25.6.2.	Идентификация и оценка при четком разрывном дизайне	997
25.6.3.	Нечеткий разрывный дизайн	998
25.6.4.	Двухшаговая оценка	999
25.7.	Метод инструментальных переменных	999
25.7.1.	Локальный ATE (LATE)	1000
25.7.2.	Связь с другими мерами	1002
25.7.3.	Оценка модели с гетерогенными эффектами воздействия с помощью инструментальных переменных	1003
25.7.4.	Эндогенное воздействие в нелинейных моделях	1004
25.8.	Пример: Влияние профессиональной подготовки на доходы	1005
25.8.1.	Данные Дехеджа и Ваба	1006
25.8.2.	Управляющие функции	1006
25.8.3.	Разность разностей	1008
25.8.4.	Простая оценка меры склонности	1008
25.8.5.	Сопоставление при помощи мер склонности	1010
25.9.	Библиографические заметки	1013
Глава 26.	Модели ошибок измерения	1016
26.1.	Введение	1016
26.2.	Ошибки измерений в линейной регрессии	1017
26.2.1.	Классическая модель ошибок измерений	1018
26.2.2.	Несостоятельность оценок метода наименьших квадратов	1019
26.2.3.	Ошибки измерений и скалярный регрессор	1020
26.2.4.	Обобщения	1021
26.2.5.	Ошибки измерений в линейных моделях панельных данных	1022
26.3.	Стратегии идентификации	1023
26.3.1.	Ограничения на параметры регрессии	1023
26.3.2.	Идентификация с помощью инструментальных переменных	1025
26.3.3.	Идентификация с помощью дополнительных моментных ограничений	1027
26.3.4.	Дублированные данные	1028
26.3.5.	Верифицирующие данные	1029
26.4.	Ошибки измерений в нелинейных моделях	1030
26.4.1.	Идентификация с помощью инструментальных переменных	1030
26.4.2.	Идентификация с помощью дублированных данных	1031
26.4.3.	Ошибки измерений в зависимых переменных	1032
26.4.4.	Пуассоновская регрессия с ошибками измерений в независимых переменных	1034
26.5.	Пример симуляции смещения затухания	1038
26.6.	Библиографические заметки	1039

Глава 27.	Пропущенные данные и восстановление данных	1042
27.1.	Введение	1042
27.2.	Предположения при работе с пропущенными данными	1045
27.2.1.	Случайные пропуски	1045
27.2.2.	Полностью случайные пропуски	1046
27.2.3.	Игнорируемые и неигнорируемые пропуски	1047
27.3.	Работа с пропусками без применения моделей	1047
27.3.1.	Использование только доступных данных	1047
27.3.2.	Восстановление данных без использования моделей	1048
27.4.	Функция правдоподобия по наблюдаемым данным	1049
27.5.	Восстановление пропусков на основе регрессии	1050
27.5.1.	Пример линейной регрессии с пропущенными значениями зависимой переменной	1050
27.6.	Пополнение данных и алгоритм МСМС	1053
27.7.	Множественное восстановление пропусков	1054
27.8.	Пример восстановления пропусков с помощью МСМС	1056
27.8.1.	Линейная регрессия с пропущенными значениями регрессоров	1056
27.8.2.	Логит-регрессия с пропущенными значениями регрессоров	1058
27.9.	Практические соображения	1059
27.10.	Библиографические заметки	1061
Приложения	1063	
Приложение А.	Асимптотическая теория	1065
A.1.	Введение	1065
A.2.	Сходимость по вероятности	1066
A.2.1.	Сходимость по вероятности	1066
A.2.2.	Другие виды сходимости	1068
A.3.	Законы больших чисел	1069
A.4.	Сходимость по распределению	1070
A.5.	Центральная предельная теорема	1072
A.6.	Многомерное нормальное предельное распределение	1074
A.6.1.	Многомерное нормальное предельное распределение	1074
A.6.2.	Линейное преобразование	1074
A.6.3.	Предельная ковариационная матрица	1075
A.6.4.	Асимптотическое распределение и дисперсия	1076
A.6.5.	Асимптотическая эффективность	1077
A.7.	Стохастический порядок малости	1077
A.8.	Прочие результаты	1078
A.9.	Библиографические заметки	1079
Приложение В.	Псевдослучайные величины	1080
Список литературы	1082	
Указатели	1127	
Предметный указатель	1129	
Указатель имен	1152	

4.4.2. Оценка МНК

Оценка МНК определена как оценка, минимизирующая сумму квадратов ошибок

$$\sum_{i=1}^N u_i^2 = u'u = (y - X\beta)'(y - X\beta) \quad (4.9)$$

Приравнивая производную по β к нулю и выражая β , можно получить оценку МНК,

$$\hat{\beta}_{OLS} = (X'X)^{-1}X'y. \quad (4.10)$$

Более общий результат представлен в Упражнении 4.5, где предполагается, что существует матрица, обратная к $(X'X)^{-1}$. Если ранг $(X'X)^{-1}$ не полный, вместо обратной матрицы можно использовать псевдообратную. В этом случае оценка МНК все так же является наилучшим линейным прогнозом y при данном x , если используется квадратичная функция потерь, но множество других линейных комбинаций x также выдадут эту оптимальную оценку.

4.4.3. Идентификация

Оценку МНК всегда можно вычислить при условии, что $X'X$ невырождена. Более интересным является вопрос, что $\hat{\beta}_{OLS}$ может нам сказать о данных.

Мы обращаем внимание на возможность с помощью оценки МНК идентифицировать (см. раздел 2.5) условное математическое ожидание $E[y|X]$. Для линейной модели параметр β идентифицирован, если:

1. $E[y|X] = X\beta$ и
2. $X\beta^{(1)} = X\beta^{(2)}$, если и только если $\beta^{(1)} = \beta^{(2)}$.

Первое условие, что условное математическое ожидание правильно специфицировано, гарантирует, что β сама по себе представляет интерес; второе условие эквивалентно тому, что матрица $X'X$ невырождена, то есть тому самому условию, которое требовалось для существования единственной оценки МНК (4.10).

4.4.4. Распределение оценки МНК

Мы обращаем внимание на асимптотические свойства оценки МНК. Установив состоятельность оценки, мы масштабируем оценку МНК, чтобы получить предельное распределение оценки. В этом случае статистические выводы можно делать, если состоятельно оценена ковариационная матрица оценки. Данный анализ широко использует асимптотическую теорию, обзор которой дан в Приложении А.

Состоятельность

Свойства оценки зависят от процесса, результатом которого стали имеющиеся данные — процесса, порождающего данные, (data generating process, dgp). Мы предполагаем, что процесс порождающий данные задан уравнением $y = X'\beta + u$, так что модель (4.8) специфицирована корректно. В некоторых местах, особенно в главах 5 и 6 и Приложении А к β часто добавляется индекс 0, так что

процесс порождающий данные записывается как $y = X'\beta_0 + u$. См. обсуждение в разделе 5.2.3.

Тогда

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_{MНК} &= (X'X)^{-1}X'y = \\ &= (X'X)^{-1}X'(X'\beta + u) = \\ &= (X'X)^{-1}X'X'\beta + (X'X)^{-1}X'u, \end{aligned}$$

и оценка МНК может быть выражена как

$$\hat{\beta}_{OLS} = \beta + (X'X)^{-1}X'u. \quad (4.11)$$

Чтобы доказать состоятельность, мы перепишем (4.11) как

$$\hat{\beta}_{OLS} = \beta + (N^{-1}X'X)^{-1}N^{-1}X'u. \quad (4.12)$$

Причина перенормировки в правой части состоит в том, что $N^{-1}X'X = N^{-1}\sum_i x_i x_i'$ является средним значением, которое сходится по вероятности к конечной ненулевой матрице, если x_i удовлетворяет предпосылкам, которые позволяют применить закон больших чисел к $x_i x_i'$ (см. подробности в разделе 4.4.8). Тогда

$$\text{plim} \hat{\beta}_{OLS} = \beta + (\text{plim} N^{-1}X'X)^{-1}(\text{plim} N^{-1}X'u),$$

согласно теореме Слуцкого (Теорема А.3). Оценка МНК состоятельна для β (то есть $\text{plim} \hat{\beta}_{OLS}$), если

$$\text{plim} N^{-1}X'u = 0, \quad (4.13)$$

Если к среднему $N^{-1}X'u = N^{-1}\sum_i x_i u_i$ можно применить закон больших чисел, то необходимым условием для (4.13) является $E x_i u_i = 0$.

Предельное распределение

При условии состоятельности предельное распределение $\hat{\beta}_{OLS}$ вырождено со всей вероятностью, сосредоточенной в точке β . Чтобы получить предельное распределение, $\hat{\beta}_{OLS}$ нужно умножить на \sqrt{N} , поскольку это масштабирование приводит к случайной величине, которая при стандартных предположениях для пространственной регрессии асимптотически имеет ненулевую, но конечную дисперсию. Тогда вместо (4.11) получаем

$$\sqrt{N}(\hat{\beta}_{OLS} - \beta) = (N^{-1}X'X)^{-1}N^{-1/2}X'u. \quad (4.14)$$

Доказательство состоятельности основывалось на предположении, что $\text{plim} N^{-1}X'X$ существует, конечный и ненулевой. Мы предполагаем, что можно применить центральную предельную теорему к $N^{-1/2}X'u$, тогда в пределе получается многомерное нормальное распределение с конечной невырожденной ковариационной матрицей. Применение правила произведения для нормальных распределений (Теорема А.17) означает, что произведение в правой части (4.14) имеет в пределе нормальное распределение. Подробности предъявлены в разделе 4.4.8.