

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

О. В. Зеткина

Эконометрика:
основы математического моделирования
социально-экономических процессов
(Эконометрические модели
в анализе социально-экономических процессов)

Учебное пособие

Рекомендовано
Научно-методическим советом университета
для студентов, обучающихся по направлениям
Экономика, Государственное и муниципальное управление

Ярославль
ЯрГУ
2013

УДК 330.43(075.8)
ББК У.в611я73
3-58

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2013 года*

Рецензенты:

Кузнецова С. А., кандидат экономических наук, доцент
кафедры экономики и математики
Тутаевского филиала РГГУ имени П. А. Соловьева;
кафедра математики и естественно-научных дисциплин ЯфМЭСИ

Зеткина, Оксана Валерьевна.

3-58 Эконометрика: основы математического моделирования
социально-экономических процессов (Эконометрические мо-
дели в анализе социально-экономических процессов): учебное
пособие / О. В. Зеткина; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. –
Ярославль : ЯрГУ, 2013. – 124 с.

ISBN 978-5-8397-0969-0

Современные экономические теории и исследования, опи-
рающиеся в значительной степени на использование математиче-
ских моделей и методов анализа, требуют от экономистов доста-
точно свободного владения математическим аппаратом изучения
статистических данных, что значительно расширяет необходи-
мые знания, навыки, компетенции выпускников экономических
вузов. Данное пособие имеет широкое практическое применение
и позволяет приобрести необходимые навыки в области обработ-
ки эмпирических данных.

Предназначено для студентов, обучающихся по направ-
лениям 080100.62 Экономика (дисциплина «Эконометрика»,
цикл Б3), 081100.62 Государственное и муниципальное управ-
ление (дисциплина «Основы математического моделирования
социально-экономических процессов», цикл Б2), очной, очно-
заочной и заочной форм обучения.

УДК 330.43(075.8)
ББК У.в611я73

ISBN 978-5-8397-0969-0

© ЯрГУ, 2013

Оглавление

Введение.....	4
1. Эконометрика как наука.....	7
1.1. Определение эконометрики как научной дисциплины.....	7
1.2. Этапы эконометрического моделирования социально- экономических процессов.....	21
Контрольные вопросы и задания.....	34
2. Модели регрессии.....	35
2.1. Элементы теории вероятности.....	35
2.2. Основные предпосылки классической модели.....	43
2.3. Применение метода наименьших квадратов.....	60
Контрольные вопросы и задания.....	69
3. Оценка качества построенной регрессии	70
3.1. Коэффициент детерминации.....	70
3.2. Спецификация модели.....	82
Контрольные вопросы.....	99
4. Элементы теории принятия статистических решений.....	99
4.1. Статистическая проверка гипотез.....	99
4.2. Оценка значимости уравнения регрессии и отдельных его параметров.....	107
Контрольные вопросы.....	113
Список литературы.....	114
Приложение.....	116

Введение

Постоянно усложняющиеся экономические процессы требовали широкого использования моделирования и количественного анализа эмпирических данных. Выделилось и сформировалось одно из направлений экономических исследований – эконометрика.

Она объединяет и использует достижения ряда наук для выявления количественных взаимосвязей в экономической жизни общества. Данная наука помогает уточнить наши представления об окружающей действительности и развить теоретические модели, т. е. с ее помощью происходит процесс познания мира. Эконометрика способствует обоснованному выбору оптимальных инструментов управления окружающей действительностью, достижению экономических и политических целей.

Как показывает опыт, именно эконометрика помогает студентам экономического вуза понять и уверенно использовать на практике категории теории вероятностей и математической статистики, ранее казавшиеся им оторванными от жизни. Современные экономические теории и исследования, опирающиеся в значительной степени на использование математических моделей и методов анализа, требуют от экономистов достаточно свободного владения математическим аппаратом изучения статистических данных. Эконометрика стала одним из базовых курсов в системе экономического образования. Настоящее пособие ориентировано на студентов экономического профиля. Оно также может быть полезно аспирантам и преподавателям экономических дисциплин, занимающихся статистическими методами анализа экономических процессов. Предполагается, что студенты, изучающие эконометрику, владеют материалом базовых курсов по микро- и макроэкономике, социально-экономической статистике, линейной алгебре, теории вероятностей и математической статистике.

В главе 1 даны определения эконометрики как отдельной научной дисциплины, рассмотрены ее задачи, предмет и методы исследования. Подробно проанализирована история создания эконометрики и этапы ее развития. Представлены основные этапы эконометрического моделирования в анализе социально-

экономических процессов. В рамках каждого этапа указано, на что следует обратить особое внимание.

Глава 2 посвящена изучению классической модели регрессии и является основной в данной схеме изложения материала. Рассматриваются предпосылки классической линейной регрессионной модели, выполнимость которых обеспечивает получение качественных оценок параметров линейных уравнений регрессии на базе метода наименьших квадратов (МНК).

Опыт показывает, что многим начинающим изучение вводного курса эконометрики необходимо восстановить знания основных положений теории вероятностей и математической статистики, без которых невозможно понимание излагаемого материала. Именно на ликвидацию пробелов в этой области направлена глава 2.1 данного пособия. При этом особое внимание уделяется экономическим приложениям рассматриваемых понятий. В главе 2.2 изучаются условия существования классической модели регрессии. Анализируются прогнозные качества парной линейной регрессии. Приводится схема определения точности оценок коэффициентов. В главе 2.3 классифицируются виды нелинейных моделей и рассматриваются правила их линеаризации. Анализируется экономический смысл коэффициентов регрессии на основе примеров и заданий. Отмечается важность и критерии выбора адекватной формы эконометрической модели.

В главе 3 рассмотрены основные индикаторы качества модели: коэффициент детерминации и средняя ошибка аппроксимации. Описывается алгоритм оценки общего качества уравнения регрессии с помощью коэффициента детерминации. Он традиционно более популярен на практике, так как оценивает качество подгонки регрессии. Хотя повышение значения этого коэффициента не самоцель эконометрического исследования, многие исследователи по-прежнему придают ему повышенное значение. В пособии уделено внимание описанию последствий, к которым могут привести некоторые нарушения спецификации и условий классической модели. Значительное внимание в главе 3.2 уделено решению проблемы спецификации модели. Анализируются важность и критерии выбора адекватной формы эконометрической

модели. Описываются виды и последствия ошибок спецификации – неправильного выбора регрессионной модели.

В главе 4 изучаются элементы теории принятия статистических решений. Рассмотрены правила проверки гипотез – мощного инструмента эконометрики. С учетом обычно низкого качества данных проверка гипотез часто остается наиболее убедительным способом получения важных для практического использования результатов. В главе представлена теория статистической проверки гипотез, приведены основы t - и F -тестов и описаны примеры их использования. Приводится схема оценки значимости коэффициентов регрессии. Рассмотрена проблема получения качественных статистических оценок параметров исследуемых величин, что является одной из фундаментальных предпосылок получения эконометрических моделей, максимально соответствующих реальности.

В конце каждой главы пособия приводятся вопросы и задания, позволяющие более глубоко разобраться и осмыслить пройденный материал, а также кратко описываются ключевые понятия и проблемы.

Построение эконометрических моделей при большом объеме исходных данных обуславливает существенный объем вычислений, требует использования вычислительной техники и соответствующего программного обеспечения. Универсальным инструментом для решения задач эконометрики является табличный процессор Excel. При его использовании многие студенты сталкиваются с существенными трудностями реализации расчетных соотношений. Это вызвано тем, что изучению практических основ эконометрики в учебной литературе уделяется крайне мало внимания, что затрудняет использование современных алгоритмов решения эконометрических задач на практике. Поэтому основной целью данного пособия является теоретическое изложение основных разделов эконометрики и представление практических разработок по решению основных задач регрессионного анализа.

В Приложение включены таблицы с исходными статистическими данными по личному располагаемому доходу и расходам на основные товары (услуги) за ряд лет, предназначенные для проведения лабораторных работ.

1. Эконометрика как наука

1.1. Определение эконометрики как научной дисциплины

Становление эконометрики как научной дисциплины представляет значительный интерес с точки зрения как определения объектов исследования, так и формирования набора методов. Сам термин «эконометрика» сформировался из двух частей: «эконо-» – от «экономика» и «-метрика» – от «измерение». Поэтому статистический анализ экономических данных называется эконометрикой, что буквально означает *«наука об экономических измерениях»*.

Термин «эконометрика» («эконометрия») был впервые введен в 1910 г. австро-венгерским бухгалтером П. Цемпой. Он считал, что если к данным бухучета применить методы алгебры и геометрии, то будет получено новое, более глубокое представление о результатах хозяйственной деятельности. Это употребление термина, как и сама концепция, не прижилось, но название «эконометрика» оказалось весьма удачно для определения нового направления в экономической науке, которое выделилось в 1930 г.

Существуют различные определения эконометрики. Их можно дать на основе задач, опубликованных Эконометрическим обществом в первом выпуске своего журнала¹:

- унифицирование теоретико-количественных и эмпирико-количественных подходов к решению экономических проблем;
- развитие методов конструктивного точного анализа этих проблем, подобных существующим в естественных науках.

В этом же легендарном номере журнала, давшем рождение новой научной дисциплине – эконометрике, один из ее создателей Р. Фриш подчеркивает, что ни один из следующих подходов, взятых в отдельности: статистика, экономическая теория,

¹ Frisch O. R. The Responsibility of the Econometrician // *Econometrica*. 1946. Vol. 14, № 1. P. 1–4 (Arrow K. J. The Work of Ragan Frisch, Econometrician // *Econometrica*. Vol. 28, № 2. P. 175–192).

математика, – не представляет собой эконометрику. «Эконометрика – это не то же самое, что экономическая статистика. Она не идентична и тому, что мы называем экономической теорией, хотя значительная часть этой теории носит количественный характер. Эконометрика не является синонимом приложений математики к экономике. Как показывает опыт, каждая из трех отправных точек – статистика, экономическая теория и математика – необходимое, но не достаточное условие для понимания количественных соотношений в современной экономической жизни. Это – единство всех трех составляющих. И это единство образует эконометрику»². Эконометрика объединяет и использует достижения всех перечисленных выше наук для выявления количественных взаимосвязей в экономической жизни общества.

Наиболее общим является определение: эконометрика – это наука, которая дает количественное выражение взаимосвязей экономических явлений и процессов. Эконометрическое исследование основывается на экономической теории и на фактах, относящихся к событиям, имевшим место в реальном экономическом мире. Э. Маленво придерживался широкого понимания, интерпретируя эконометрику как любое приложение математики или статистических методов к изучению экономических явлений³.

Таким образом, эконометрика – это наука, связанная с эмпирическим выводом экономических законов. Мы используем данные или наблюдения для того, чтобы получить количественные зависимости для экономических соотношений, т. е. формулировать экономические модели. Но это – только малая часть задач, решаемых эконометрикой. Она также позволяет, основываясь на эмпирических данных, оценивать неизвестные величины (параметры) в этих моделях, делать прогнозы и давать рекомендации по экономической политике.

До 1930-х гг. сложились все предпосылки для выделения эконометрики в отдельную науку. Стало ясно, что для более глубокого понимания экономических процессов стоит использовать

² Frisch O. R. Op. cit.

³ Маленво Э. Статистические методы эконометрии: пер. с фр. 1976. Вып. 2. 328 с.

в той или иной мере статистику и математику. Возникла необходимость появления новой науки со своим *объектом, предметом и методом исследования*, которая объединяет все исследования в этом направлении.

Объектом эконометрики выступают экономические процессы и явления, происходящие в экономической системе общества.

Предметом эконометрики является количественная оценка взаимосвязи между случайными событиями, признаками, факторами, переменными экономических объектов, проверка теоретических моделей реальных экономических процессов для получения прогнозов, имитации и анализа деятельности экономических. С этой целью исследуются массовые экономические явления и процессы. Эконометрика через математические и статистические методы анализирует экономические закономерности, доказанные экономической теорией.

Целью эконометрики является оценка точечных и интервальных прогнозов деятельности генеральной совокупности объектов экономической системы на основании расчетов по данным выборочной совокупности при реализации случайного процесса⁴.

К основным *задачам* эконометрики можно отнести следующие:

- Построение эконометрических моделей, т. е. представление экономических моделей в математической форме, удобной для проведения эмпирического анализа. Данную проблему принято называть проблемой спецификации. Отметим, что зачастую она может быть решена несколькими способами. Подробнее об этом в гл. 3.2.

- Оценка параметров построенной модели, делающих выбранную модель наиболее адекватной реальным данным. Это так называемый этап параметризации/

- Проверка качества найденных параметров модели и самой модели в целом. Иногда этот этап анализа называют этапом верификации.

- Использование построенных моделей для объяснения поведения исследуемых экономических показателей, прогнозирования и предсказания, а также для осмысленного проведения экономической политики.

⁴ Валентинов В. А. Эконометрика: учебник. М.: Дашков и К, 2006. С. 24–25.

Статистический подход к эконометрическим измерениям является доминирующим, что и отражено в *основных методах*.

Основные эконометрические методы:

- 1) сводка и группировка информации;
- 2) вариационный и дисперсионный анализ;
- 3) регрессионный и корреляционный анализ;
- 4) статистические уравнения зависимости;
- 5) статистические индексы и др.

Специальные эконометрические методы классифицируют по следующим признакам⁵:

По методам определения коэффициентов регрессии

- 1) метод наименьших квадратов;
- 2) двухшаговый метод наименьших квадратов;
- 3) обобщенный метод наименьших квадратов;
- 4) метод максимального правдоподобия;
- 5) метод наименьших отклонений и наименьших расстояний.

По методам построения деятельности экономического объекта

- 1) методы построения модели сверху вниз;
- 2) методы построения модели снизу вверх.

По методам выборки данных из генеральной совокупности

- 1) анализ всей генеральной совокупности;
- 2) выборочный метод анализа генеральной совокупности

По методам анализа выборочных данных: пространственных, временных, пространственно-временных

- 1) метод корреляционного анализа;
- 2) метод регрессионного анализа;
- 3) методы с участием лаговых переменных (объясняемых, зависимых переменных и остатков);

4) методы с участием фиктивных, инструментальных переменных;

- 5) методы линеаризации нелинейных регрессий;
- 6) методы устранения мультиколлинеарности факторов, гетероскедастичности и автокорреляции остатков;
- 7) методы выявления периодических составляющих временных рядов;

⁵ Там же. С. 25–27.

- 8) методы сглаживания временных рядов;
- 9) методы адаптивного прогнозирования;
- 10) методы воспроизведения стационарных случайных процессов с помощью белого шума;
- 11) методы анализа системы одновременных уравнений;
- 12) методы связи между качественными переменными.

Принципы эконометрики

правильной постановки проблемы;
системной направленности эконометрических расчетов;
учета рыночной неопределенности;
улучшения имеющихся альтернатив и поиска новых.

Перечисленные выше возможности эконометрика реализуют с помощью следующих инструментов:

количественной оценки экономических взаимосвязей;
статистического тестирования гипотез;
прогнозирования.

Рассмотрим примеры реализаций этих возможностей⁶.

Количественные оценки экономических взаимосвязей.

К этим оценкам относят расчеты, позволяющие ответить на следующие и им подобные вопросы.

На сколько увеличивается объем продаж конкретного товара или услуги в результате роста расходов на рекламу на 1000 руб. в день?

Как изменится индекс потребительских цен, если денежный агрегат M1 возрастает на 1 млрд руб. при прочих равных условиях?

В каком интервале лежат значения эластичностей спроса на товар или услугу по цене и по доходу потребителя?

Чему равен мультипликатор государственных расходов?

Статистическое тестирование гипотез

С математической точки зрения эту сторону эконометрики можно охарактеризовать как попытку суждения о математических ожиданиях (теоретических значениях) случайных величин по ограниченной выборке наблюдений. Этот формальный аппарат позволяет, например, ответить на следующие вопросы:

⁶ Аистов А. В., Максимов А. Г. Эконометрика шаг за шагом: учеб. пособие для вузов. М.: ГУВШЭ, 2006. С. 10–13.

Оказывает ли влияние рекламная компания определенной продукции на доходы от продажи этой продукции?

Зависит ли индекс потребительских цен от величины денежного агрегата M1?

Следует ли повышать цену на продукцию для увеличения выручки фирмы?

Эффективны ли фискальная и монетарная политики правительства и Центробанка?

Влияет ли смена процессора новой модели компьютера на его рыночную цену?

Как зависит объем продаж от расположения товара на торговых рядах в супермаркете (высоты полки, на которой расположен товар; удаленности от начала торгового ряда и т. п.)?

Зависит ли объем продаж товара от упаковки?

Прогнозирование.

Исследователи иногда различают термины «прогноз» и «предсказание». При прогнозировании строится точечная или интервальная оценка экономического показателя при условии, что переменные, оказывающие влияние на искомую величину, принимают значения в пределах верхней и нижней границ имеющейся выборки наблюдений. Предсказание – это попытка построения оценки значения показателя за пределами интервала наблюдавшихся выборочных значений его аргументов. Ниже приведены некоторые примеры прогнозирования.

Предсказание выручки от продажи продукции фирмы в следующем месяце.

Предсказание доходности проекта.

Предсказание собираемости налогов после вступления в силу нового налогового законодательства.

Вычисление рыночной цены автомобиля с заданным набором потребительских и эксплуатационных качеств.

Прогноз вероятностей выбора определенной категории товара из предложенных альтернатив покупателем, имеющим определенные социальные и экономические характеристики.

В основе прогнозирования лежат три взаимодополняющих источника информации о будущем: