



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

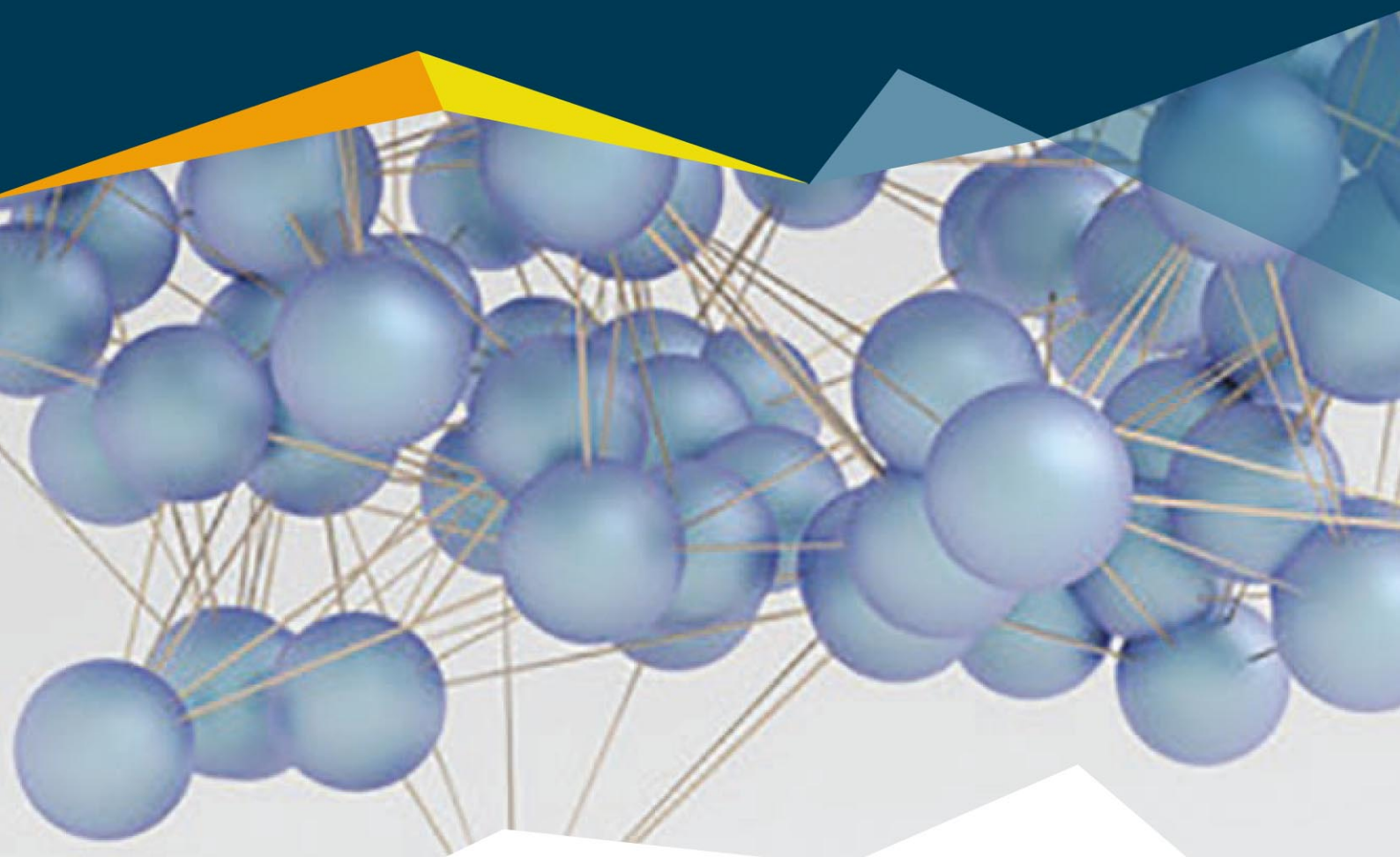
**С. Н. Ежеманская**

**Е. В. Бекушева**

**Н. Н. Джиева**

# ЭКОНОМЕТРИКА

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**



**ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ**

УДК 338:519.862.6(07)  
ББК 65в631я73  
Е380

*Рецензенты:*

*С. И. Сенашов*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой системного анализа и исследования операций ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева»;

*О. А. Иконников*, кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и исследования операций ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева»

**Ежеманская, С. Н.**

Е380      Эконометрика : учеб. пособие / С. Н. Ежеманская, Е. В. Бекушева, Н. Н. Джиева. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2021. – 104 с.  
ISBN 978-5-7638-4248-7

Изложены основные принципы построения эконометрических моделей и методы анализа экономических процессов и показателей по статистическим данным.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика».

Электронный вариант издания см.:  
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 338:519.862.6(07)  
ББК 65в631я73

ISBN 978-5-7638-4248-7

© Сибирский федеральный университет, 2021

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>1. ОСНОВЫ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....</b>	<b>6</b>
1.1. Определение эконометрики. Цели и задачи эконометрики.....	6
1.2. Классификация эконометрических моделей и переменных. Виды данных в эконометрических исследованиях.....	7
1.3. Этапы эконометрического исследования .....	9
<b>2. ПАРНЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ.....</b>	<b>12</b>
2.1. Суть регрессионного анализа.....	12
2.2. Модель парной линейной регрессии. Метод наименьших квадратов .....	15
2.3. Предпосылки метода наименьших квадратов. Теорема Гаусса–Маркова .....	19
2.4. Проверка гипотез относительно коэффициентов регрессии. Интервальные оценки коэффициентов регрессии .....	21
2.5. Проверка общего качества уравнения регрессии .....	27
2.6. Нелинейная регрессия.....	33
<b>3. МНОЖЕСТВЕННЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ.....</b>	<b>41</b>
3.1. Модель множественной линейной регрессии .....	41
3.2. Частные коэффициенты корреляции. Статистическая значимость коэффициентов регрессии .....	50
3.3. Проверка качества уравнения множественной регрессии.....	57
<b>4. РАЗЛИЧНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ .....</b>	<b>61</b>
4.1. Гетероскедастичность.....	61
4.2. Автокорреляция.....	67
4.3. Мультиколлинеарность .....	72
4.4. Линейные регрессионные модели с переменной структурой. Фиктивные переменные.....	75
<b>5. СИСТЕМЫ ОДНОВРЕМЕННЫХ УРАВНЕНИЙ .....</b>	<b>78</b>
5.1. Классификация систем регрессионных уравнений .....	78

5.2. Классификация переменных системы одновременных уравнений. Структурная и приведенная форма модели.....	80
5.3. Идентифицируемость системы одновременных уравнений.....	82
5.4. Оценивание параметров структурной модели .....	85
5.4.1. Косвенный метод наименьших квадратов.....	85
5.4.2. Двухшаговый метод наименьших квадратов .....	88
5.4.3. Метод инструментальных переменных .....	93
5.4.4. Трехшаговый метод наименьших квадратов .....	93
<b>6. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ В ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....</b>	<b>94</b>
6.1. Основные компоненты временного ряда.....	94
6.2. Построение аддитивной и мультипликативной модели .....	95
6.3. Моделирование трендовой компоненты.....	96
6.4. Моделирование сезонной компоненты.....	96
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>103</b>

# 1. ОСНОВЫ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Современное экономическое образование базируется на трех дисциплинах: микроэкономика, макроэкономика и эконометрика.

Эконометрика была введена в стандарт экономического образования с 2001 года, с появлением стандартов второго поколения.

## 1.1. Определение эконометрики. Цели и задачи эконометрики

До настоящего времени нет единого определения эконометрики как науки. Термин «эконометрика» ввел Фриш Рагнар в 1930 году. Слово «эконометрика» представляет собой комбинацию двух слов: «экономика» и «метрика» (от греч. «метрон» – правило определения расстояния между двумя точками в пространстве, «метрия» – измерение) и формально означает «измерения в экономике». Однако область исследований данной дисциплины гораздо шире.

*Эконометрика* – это наука, в которой на базе реальных статистических данных строятся, анализируются и совершенствуются математические модели реальных экономических явлений [1], т. е. эконометрика дает количественные выражения взаимосвязей экономических явлений и процессов.

Р. Фриш подчеркивает, что эконометрика есть единство трех составляющих – статистики, экономической теории и математики, поэтому при изучении дисциплины предполагается знание основ:

– теории статистики, в которой сформулированы общие методы и принципы определения количественных характеристик массовых процессов и явлений;

– математической статистики, определяющей генеральную и выборочную совокупность, вариационные ряды и их характеристики;

методы статистического оценивания параметров и статистической проверки гипотез (статистические критерии);

– экономической теории, дающей представление о направлениях развития экономики, о темпах роста цен и занятости, о тенденциях развития и эффективности использования ресурсов в отдельных отраслях и секторах экономики;

– линейной алгебры для проведения расчетов над матрицами;

– высшей математики, обучающей приемам интегрирования и дифференцирования.

Предметом эконометрики являются факторы и явления, формирующие развитие различных производственных и экономических явлений и процессов.

Цель эконометрики – использование статистики и математики для развития экономической теории [2].

Основные задачи, решаемые с помощью эконометрики:

– задачи моделирования возможных вариантов социально-экономического развития системы для определения параметров, которые оказывают наиболее сильное влияние на состояние системы в целом;

– задачи прогноза социально-экономических показателей, характеризующих состояние и развитие изучаемой системы.

Говорят, что эконометрика отвечает на два вопроса: как устроен мир (как одна переменная зависит от других) и что будет завтра (как спрогнозировать зависимую объясняемую переменную). Ответы на эти два вопроса мы получаем с помощью эконометрических моделей.

## **1.2. Классификация эконометрических моделей и переменных. Виды данных в эконометрических исследованиях**

Главным инструментом эконометрики является эконометрическая модель. Выделяют три класса эконометрических моделей:

– *модели временных рядов;*

– *регрессионные модели с одним уравнением;*

– *системы одновременных уравнений.*

Важную роль в эконометрических исследованиях играют временные ряды. При анализе многих экономических показателей используются данные за определенный период времени (год, квартал, месяц и т. д.) Временной ряд – это совокупность значений какого-

либо показателя  $y$  за несколько последовательных моментов или периодов времени. К моделям временных рядов относятся модели тренда, сезонности, тренда и сезонности, а также множество более сложных моделей, таких как модели адаптивного прогноза, модели авторегрессии и скользящего среднего (ARIMA) и др.

Модели временных рядов подразделяют также на модели, построенные по стационарным и нестационарным временным рядам. Стационарные временные ряды – ряды, имеющие постоянное среднее значение и колеблющиеся вокруг него с постоянной дисперсией. В таких рядах распределение уровня ряда не зависит от времени, т. е. стационарный временной ряд не содержит трендовой или сезонной компонент. В нестационарных временных рядах распределение уровня ряда зависит от переменной времени.

Регрессионные модели с одним уравнением представляют собой зависимость объясняемой переменной  $y$  от нескольких независимых (объясняющих) переменных  $x$ . В зависимости от вида регрессионной функции модели делятся на линейные и нелинейные. В зависимости от количества объясняющих переменных модели делятся на парные (одна объясняющая переменная) и множественные (две объясняющие переменные и более). Область применения таких моделей, даже линейных, значительно шире, чем моделей временных рядов. Линейная модель множественной регрессии – основной инструмент эконометрики.

Системы одновременных уравнений требуют относительно более сложный математический аппарат. Эти модели описываются системами уравнений. Системы могут состоять из тождеств и регрессионных уравнений, каждое из которых может, кроме объясняющих переменных, включать в себя также объясняемые переменные из других уравнений системы.

Переменные, участвующие в эконометрической модели любого типа, разделяются на:

- *экзогенные* (независимые) – переменные, значения которых задаются извне, в определенной степени они являются управляемыми ( $x$ );
- *эндогенные* (зависимые) – переменные, значения которых определяются внутри модели, или взаимозависимые ( $y$ );
- *лаговые* – экзогенные или эндогенные переменные, датированные предыдущими моментами времени ( $x_{t-1}$ ,  $y_{t-1}$ );
- *предопределенные* – лаговые и экзогенные переменные.

Любая эконометрическая модель предназначена для объяснения текущих эндогенных переменных (одной или нескольких) в зависимости от значений предопределенных переменных.

В эконометрических исследованиях большое внимание уделяется проблеме данных. В эконометрике рассматриваются три основных типа выборочных данных:

- *пространственные данные (cross-sectional data)*;
- *временные данные (time-series data)*;
- *панельные данные (panel data)*.

В экономике под пространственной выборкой понимают набор показателей экономических переменных, полученный в данный момент времени. О пространственной выборке имеет смысл говорить в том случае, когда все наблюдения получены примерно в неизменных условиях, т. е. представляют собой набор независимых выборочных данных из некоторой генеральной совокупности. Например, набор сведений по разным фирмам (объем производства, численность работников, размер основных производственных фондов), данные об объеме, ценах потребления некоторого товара по потребителям и т. д.

Временными данными является набор сведений, характеризующий один и тот же объект, но за разные периоды или моменты времени. Примером временных данных могут быть ежеквартальные данные о средней заработной плате, индексе потребительских цен, числе занятых за последние годы или, например, ежедневный курс доллара или евро на ММВБ. Отличительной особенностью временных данных является то, что они естественным образом упорядочены по времени.

Панельными данными называются данные, содержащие сведения об одном и том же множестве объектов за ряд последовательных периодов времени. Панельные данные являются обобщением или комбинацией пространственных и временных данных. Примером панельных данных могут служить показатели хозяйственной деятельности совокупности предприятий, которые собираются каждый год. Но если совокупность предприятий из года в год будет различна, то такие данные уже не будут панельными.

### **1.3. Этапы эконометрического исследования**

В качестве этапов эконометрического исследования можно указать следующие [3, 4].

1. *Постановочный этап.* На этом этапе формируется цель исследования, определяется набор участвующих в модели экономических переменных.



В качестве цели эконометрического моделирования обычно рассматривают анализ исследуемого экономического объекта (процесса), прогноз его экономических показателей, имитацию развития объекта при различных значениях экзогенных переменных, выработку управленческих решений.

При выборе экономических переменных необходимо теоретическое обоснование каждой переменной (при этом рекомендуется, чтобы число их было не очень большим и, как минимум, в несколько раз меньше числа наблюдений). На этом этапе переменные делятся на объясняющие и объясняемые, при этом объясняющие переменные не должны быть связаны между собой функциональной или тесной корреляционной зависимостью, так как это может привести к невозможности оценки параметров модели или к получению неустойчивых, не имеющих реального смысла оценок.

2. *Априорный этап.* Проводится анализ сущности изучаемого объекта, формирование и формализация априорной (известной до начала моделирования) информации в виде исходных допущений, касающихся в частности природы исходных статистических данных и случайных остаточных составляющих в виде ряда гипотез.

3. *Информационный этап.* Осуществляется сбор необходимой статистической информации – наблюдаемых значений экономических переменных.

4. *Этап параметризации (моделирования).* Осуществляется непосредственно моделирование, т. е. выбор общего вида модели, выявление входящих в нее связей.

Основная задача, решаемая на этом этапе, – выбор вида функции регрессии в эконометрической модели, в частности, возможность использования линейной модели как наиболее простой и надежной. Весьма важной проблемой на этом (и предыдущих) этапе эконометрического моделирования является проблема *спецификации* модели, в частности: выражение в математической форме обнаруженных связей и соотношений; установление состава экзогенных и эндогенных переменных, в том числе лаговых; формулировка исходных предпосылок и ограничений модели. От того, насколько удачно решена проблема спецификации модели, в значительной степени зависит успех всего эконометрического моделирования.

5. *Этап идентификации.* Осуществляется статистический анализ модели и оценка неизвестных параметров модели по имеющимся исходным данным.

6. *Этап верификации.* Проводится проверка истинности, адекватности модели. Выясняется, насколько удачно решены проблемы спецификации, идентификации и идентифицируемости модели, какова точность расчетов по данной модели, в конечном счете, насколько соответствует построенная модель моделируемому реальному экономическому объекту или процессу.

При неудовлетворительном качестве модели возвращаются к этапу 4, а иногда и к этапу 1.

После построения эконометрической модели происходит интерпретация полученных результатов, т. е. перевод с формального языка математики на содержательный язык рекомендаций по принятию управленческих решений.

Рассмотренные выше этапы эконометрического исследования носят условный характер, так как они могут пересекаться, взаимно дополнять друг друга и т. п.