

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО**

**ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

«**ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**В Г. ВОЛГОДОНСКЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**(Институт технологий (филиал) ДГТУ в г. Волгодонске)**

Факультет «Технологии и менеджмент»

Кафедра «Технический сервис и информационные технологии»

**Эконометрика**

***Методические рекомендации к самостоятельной работе***

***студентов заочной формы обучения***

***направления подготовки***

***38.03.01 Экономика***

***профиль Организация и управление туристского предприятия***

Волгодонск 2024

Оглавление

[Введение 4](#_TOC_250014)

1. [Основные этапы развития эконометрики 5](#_TOC_250013)
2. [Основные понятия 7](#_TOC_250012)
3. [Метод наименьших квадратов 9](#_TOC_250011)
4. [Метод МНК для линейной регрессии 9](#_TOC_250010)
5. [МНК для множественной регрессии 12](#_TOC_250009)
6. [Уравнение регрессии в стандартизованном масштабе 13](#_TOC_250008)
7. [Нелинейные модели регрессии и их линеаризация 15](#_TOC_250007)
8. [Система линейных эконометрических уравнений 16](#_TOC_250006)
9. [Временные ряды 18](#_TOC_250005)
10. [Аналитическое выравнивание временного ряда 19](#_TOC_250004)
11. [Алгоритм построения модели 21](#_TOC_250003)

[Вопросы по дисциплине Эконометрика» 23](#_TOC_250002)

[Задания на самостоятельную работу 25](#_TOC_250001)

[Библиографический список 30](#_TOC_250000)

Приложение А 31

# Введение

В современные программы подготовки экономистов включен курс эконометрики, поскольку деятельность в любой области экономики требует от специалиста применения современных методов оценки, анализа и интерпретации экономических данных. Эконометрика даёт инструментарий для экономических измерений, а также методологию оценки параметров моделей микро- и макроэкономики. Кроме того, эконометрика активно используется для прогнозирования экономических процессов как в масштабах экономики в целом, так и на уровне отдельных предприятий. При этом эконометрика является частью экономической теории, наряду с макро- и микроэкономикой. Термин «эконометрика» состоит из двух частей:

«эконо» — от «экономика» и «метрика» — от «измерение».

Свидетельством всемирного признания эконометрики является присуждение шести нобелевских премий по экономике за разработки в этой области: премия 1969 г. была присуждена Р. Фишеру и Я. Тинбергену за разработку математический методов анализа экономических данных; премия 1980 г. – Л.Клейну за построение макроэконометрических моделей, основанных на системах эконометрических уравнений; премия 1981 г. – Д. Тобину за регрессию с цензурированной зависимой переменной, которую по его имени называют тобит; премия 1989 г. – Т. Хаавелмо за анализ и оценивание систем одновременных уравнений; премия 2000 г. – Дж. Хекману и Д. Макфаддену за разработку теорию и методов, широко использующихся в статистическом анализе поведения индивидуумов и семейных хозяйств; премия 2003 г. – Р. Энглу и К. Грэнжеру за работы в области коинтеграции временных рядов.

# Основные этапы развития эконометрики

Первые попытки количественных исследований в экономике относятся к XVII в. У. Петти, Ч. Давенант, Г. Кинг использовали конкретные экономические данные в своих исследованиях, в первую очередь, при расчете национального дохода.

В 1911 г. выходит книга американского экономиста Г. Мура «Законы заработной платы: эссе по статистической экономике». В этой Г. Мур провёл анализ рынка труда, показал, что с помощью сложных математических построений, основанных на фактических данных, можно разработать основу для социальной политики. В это же время итальянский экономист Р. Бенини впервые использовал множественную регрессию при оценке функции спроса. Важным этапом формирования эконометрики явилось построение экономических барометров. Построение экономических барометров основано на идее того, что существуют показатели, которые изменяются раньше других и поэтому могут служить сигналами изменений последних. Первым и самым известным стал Гарвардский барометр, который был создан в 1903 году под руководством У. Персонса и У. Митчелла. Он состоял из кривых, характеризующих фондовый, товарный и денежный рынки. Каждая из этих кривых представляла собой среднюю арифметическую из входящих в неё нескольких показателей. Эти ряды предварительно обрабатывались путем исключения тенденции, сезонности и приведения колебаний

отдельных кривых к сравнимому масштабу колеблемости.

К 1930-м годам сложились все предпосылки для выделения эконометрики в отдельную науку. 29 декабря 1930 г. по инициативе И. Фишера, Р. Фриша, Я. Тинбергена, Й. Шумпетера, О. Андерсона и других учёных было создано эконометрическое общество. В 1933 г. Р. Фриш основал журнал «Эконометрика», который и сейчас имеет большое значение для развития эконометрики. А уже в 1941 г. появляется первый учебник по новой научной дисциплине, написанный Я. Тинбергеном. В 1969 г. Фриш и

Тинберген стали первыми исследователями, получившими Нобелевскую премию по экономике.

В 1980 г. вторую эконометрическую Нобелевскую премию по экономике получил американский экономист Лоуренс Клейн за создание экономических моделей и их применение к анализу колебаний экономики и экономической политики. Совместно с А. Голдбергом создал одну из самых известных моделей американской экономики, известной как «модель Клейна– Голдберга». Она состояла из взаимосвязанных одновременных и направленных рядов уравнений, решение которых давало картину производства в стране. Клейн также организовал широко известный проект

«Линк» для интеграции статистических моделей разных стран в единую общую систему с целью улучшения понимания международных экономических связей и прогнозирования в области мировой торговли. В это время активно развивалась не только макро-, но микроэконометрика. Пионерами этого направления выступили Д. Хэкман и Д. Макфадден. Они разработали теорию и методы, которые широко используются в статистическом анализе поведения индивидуумов и домохозяйств как в экономике, так и в других общественных науках.

Важным событием для развития эконометрики стало появление компьютеров. Стимулировало эконометрические исследования и бурное развитие финансовых рынков и производных инструментов. Это привело лауреата Нобелевской премии по экономике за 1981 год Дж. Тобина к разработке моделей с использованием цензурированных данных.

Большое влияние на современную эконометрику оказал и Хаавельмо. Хаавельмо показал, как можно использовать методы математической статистики для того, чтобы получать обоснованные заключения о сложных экономических взаимосвязях исходя из случайной выборки эмпирических наблюдений. Эти методы можно, кроме того, использовать для оценивания соотношений, полученных на основе экономических теорий, и для проверки этих теорий. В 1989 г. ему присудили Нобелевскую премию по экономике

«за прояснение вероятностных основ эконометрики и анализ одновременных экономических структур».

Сегодня эконометрика занимает достойное место в ряду экономических наук. В мире выпускается ряд научных журналов, полностью посвящённых эконометрике, в том числе: Journal of Econometrics (Швеция), Econometric Reviews (США), Econometrica (США), Sankhya. Indian Journal of Statistics. Ser.D. Quantitative Economics (Индия), Publications Econometriques (Франция). Эконометрику изучают в ведущих мировых университетах, пришло понимание, что без эконометрических методов невозможно проводить современный макро- и микроэкономический анализ.

На русском языке также существуют специализированные журналы. К ним относятся «Прикладная эконометрика» и «Квантиль». Отдельные публикации по эконометрике появляются в журналах «Экономика и математические методы», «Вопросы статистики», «Вопросы экономики» и некоторых других.

Ранее в России по ряду причин эконометрика не была сформирована как самостоятельное направление научной и практической деятельности. Хотя в настоящее время начинают развертываться эконометрические исследования. В связи с этим начинается широкое преподавание этой дисциплины. [6]

# Основные понятия

**Эконометрика** — наука, изучающая количественные и качественные экономические взаимосвязи с помощью математических и статистических методов и моделей.

**Эконометрическое модели´рование** — исследование объектов на основе их статистических моделей, а также построение и изучение моделей реально существующих экономических процессов или явлений. Целью исследования является получение объяснений этих явлений, а также предсказание их будущего состояния.

Примером эконометрической модели может послужить функция потребления Кейнса: Y = b1 + b2×X + u. В этой модели Y — расходы, X — доход, b1 и b2 — параметры уравнения, u — случайная ошибка. Оценка параметров эконометрических моделей производится с помощью статистическиx методов, в частности при помощи регрессио´нного анализа.

**Регрессио´нный** (**линейный**) **анализ** — статистический метод исследования зависимости между зависимой переменной *Y* и одной или несколькими независимыми переменными *X*1,*X*2,...,*Xp*.

В зависимости от количества факторов, включенных в уравнение регрессии, принято различать простую (парную) и множественную регрессии.

**Парная регрессия** - это регрессия между двумя переменными – *y* и *x*,

т.е. модель вида

*y*  *f* (*x*) , где *y* – зависимая переменная

(результативный признак); *x* – независимая переменная (признак-фактор).

**Множественная регрессия** – регрессия результативного признака с

числом факторов

*р*  2

т.е. модель вида

*y*  *f* (*x*1 , *x*2 , *x*3 ,…, *xр* ) .

График регрессии называется **линией регрессии** или **уравнением регрессии**.

Построение уравнения регрессии осуществляется в два этапа:

1. спецификация модели (определение вида аналитической зависимости).
2. оценка параметров выбранной модели.

*Спецификация модели –* это формулировка вида модели. Парная регрессия применяется, если имеется доминирующий фактор, который и используется в качестве объясняющей переменной.

*Оценка параметров модели.* Для оценки параметров регрессий, линейных по параметрам, используется метод наименьших квадратов (МНК)*.*

*Линейная модель множественной регрессии.* В линейной

множественной регрессии

*Y*  *a*  *b*1  *x*1  *b*2  *x*2  …  *bp*  *x p* коэффициенты

при *x* характеризуют среднее изменение результата *(Y)* с изменением соответствующего параметра *(xi)* на единицу при неизменном значении других факторов.

# Метод наименьших квадратов

На практике линия регрессии чаще всего ищется в виде линейной

функции

*Y*  *a*  *b*1  *x*1  *b*2  *x*2  …  *bp*  *x p*

(линейная регрессия),

наилучшим образом приближающей искомую кривую. Делается это с помощью метода наименьших квадратов, в котором минимизируется сумма



квадратов отклонений реально наблюдаемых *Y* от их оценок *Y* (где M — объём выборки):



Mетод МНК позволяет получить такие оценки параметров, при которых сумма квадратов отклонений фактических значений



результативного признака *(Y)* от расчетных (теоретических) *Y* минимальна.

Mетод МНК представляет собой нахождение решения системы уравнений, что позволяет получить оценки параметров регрессии. Система уравнений имеет вид:

  *y*  *a*  *n*  *b*1   *x*1  *b*2  *x*2  …*bp*   *xp*

 *y* *x*  *a*  *x*  *b*  *x*2  *b x*  *x*  …*b*  *x*  *x*

  1  1 1  1 2  1 2 *p*  1 *p*

 ………………………………………………………………

*p*



 *y* *x p*

 *a*   *xp*

* *b*1

  *xp*

 *x*1

* *b*2

 *xp*

 *x*2

* …*bp*

  *x*2

Решение системы можно найти, например, методом Крамера.

# Метод МНК для линейной регрессии

Для линейной регрессии система МНК выглядит так:

 *na*  *b* *x*   *y*,

*a* *x*  *b* *x*2   *yx* .



Решая эту систему методом Крамера можно найти параметры *а* и *b*. С другой стороны, эти параметры можно найти и через формулы:

*b*  cov(*x*, *y*)  *xy*  *x*  *y* ,

2 2





*x x*

*a*  *y*  *b*  *x* ,

где

*x*  1 *n x* ,

*y*  1 *n y* ,

*xy*  1 *n x y* ,

*x*2  1

*n*

*x*2 , *n* - число

 *i*

*n*

*i*1

 *i*

*i*1

 *i i*

*i*1

 *i*

*i*1

наблюдений. Для фактор-признака: дисперсия

*n*

*n*

*n*

2  *x*2  *x* 2 ,



*x*

среднеквадратическое отклонение - это квадратный корень из дисперсии:

 *x*  . Для результатного признака дисперсия -



2

*x*



2

*y*

2  *y* 2  *y* 2 ,



*y*

среднеквадратическое отклонение -

 *y*  .

После выбора вида уравнения регрессии и нахождения его параметров (*регрессионный анализ*) начинают второй этап – *корреляционный анализ*. В нем дается оценка тесноты связи и значимость связи переменных.

Тесноту связи изучаемых явлений оценивает линейный *коэффициент*

*парной корреляции*

*rxy*

для линейной регрессии (  1  *rxy*  1):

*r*  *b* *x*

 *xy*  *x*  *y*

*xy*



*y*

*x*  *y*

Чем ближе

*rxy*

к 1, тем теснее зависимость между *х* и *у*. И, наоборот, чем

ближе

*rxy*

к 0, тем слабее связь между *х* и *у*.

Чтобы оценить качество подбора линейной функции рассчитывается коэффициент детерминации, а также средняя ошибка аппроксимации, средний коэффициент эластичности, F-тест.

*Коэффициент детерминации* характеризует долю дисперсии результативного признака *у*, объясняемого регрессией, в общей дисперсии результативного признака. Общая формула для вычисления коэффициента детерминации:

*n* 

( *yi*  *y*)

2

2 *i*1

*R*



*yx n*

( *yi*

*i*1

 *y*)2

где *yi* — наблюдаемое значение зависимой переменной, а



*y i* — значение

зависимой переменной предсказанное по уравнению регрессии, -среднее арифметическое зависимой переменной.



Если коэффициент детерминации лежит в пределах от 0,7 до 0,9, то теснота связи считается высокой; если от 0,9 до 0,99 – то весьма высокой

*R*

(шкала Чеддока). Например, если

2 = 0,99, то уравнение регрессии

объясняет 99% дисперсии результативного признака, а на долю прочих неучтенных факторов приходится лишь 1% ее дисперсии (остаточная дисперсия). При значениях показателя тесноты связи меньше 0,7 на долю вариации факторных признаков приходится меньшая часть по сравнению с остальными неучтенными в модели факторами, влияющими на изменение результативного показателя. Построенные при таких условиях регрессионные модели имеют низкое практическое значение.

*yx*

*Средняя ошибка аппроксимации* – среднее отклонение расчетных значений от фактических:

*y*  ⌢

*уx*

*y*



*A*  1

*n*

100 %.

Допустимый предел значений *А* – не более 8–10 %.

*Средний коэффициент эластичности* Э оценивает силу влияния фактора на результат и показывает, на сколько процентов в среднем по совокупности изменится результат *y* от своей средней величины при

изменении фактора *x* на 1 % от своего среднего значения:

Э   *x*

yx *f*

(*x*) .

*y*

*F-тест* оценивает качество уравнения регрессии. В сравнивается

значение фактического

*F*факт

и табличного

*F*табл

значений *F-*критерия

Фишера.

*F*факт

определяется так:

  2

 *y x*  *y*  / *m r* 2

*F*    

*xy* (*n*  2)

факт

  2

1  *r* 2 ,

 *y*  *y x* 



 

/(*n*  *m*  1) *xy*

где *n* – число наблюдений; *m* – число параметров при переменных *x* в уравнении регрессии.

*F*табл

– это максимально возможное значение критерия под влиянием

случайных факторов при данных степенях свободы и уровне значимости  –

вероятности отвергнуть нулевую гипотезу

*H* 0 при условии, что она верна. 

обычно принимается равным 0,05 или 0,01.

*F*табл (;*k*1;*k*2 ) определяется по

таблице и зависит от уровня значимости, числа степеней свободы

*k*1  *m* и

числа степеней свободы

*k*2  *n*  *m*  1. Таблица для определения

*F*табл приведена в приложении А.

Если

*F*табл  *F*факт , то гипотеза о случайной природе оцениваемых

характеристик отклоняется и признается их статистическая значимость и

надежность. В противном случае гипотеза

*H* 0 не отклоняется и признается

статистическая незначимость, ненадёжность уравнения регрессии и показателя тесноты связи.

# МНК для множественной регрессии

Метод наименьших квадратов (МНК) для множественной регрессии представляет собой решение системы уравнений, которое дает параметры регрессии:

  *y*  *na*  *b*1  *x*1  *b*2  *x*2  ...  *bp*  *xp* ,

 *yx*  *a x*  *b x* 2  *b x x*  ...  *b*

*x x* ,

  1  1 1  1 2  2 1 *p*  *p* 1

 ...........................................................................



 *yx*  *a* *x*  *b*  *x x*  *b*  *x x*  ...  *b*  *x* 2.

*p*

*p*

1

1

*p*

2

2

*p*

*p*

*p*

Для решения системы применяется метод определителей.

*a*  *a*



,



*b*1

*b*  , ... , *b*

 *bp*

, где  - это определитель системы, *а*, b , b –

1  *p*  1 p

частные определители системы. Частные определители получаются путем замены соответствующего столбца матрицы определителя системы данными левой части системы.

# Уравнение регрессии в стандартизованном масштабе

Возможен и иной подход к определению параметров множественной регрессии, когда на основе матрицы парных коэффициентов корреляции строится *уравнение регрессии в стандартизованном масштабе*:

2

*p*

*t y*  1*tx*

1

* 2*tx*

 ... *ptx* ,

где *t y* 

*y*  *y*

,



*y*

*txi*

 *x*  *xi*



*x*

*i*

– стандартизованные переменные.

*i* – стандартизованные коэффициенты регрессии определяются из

следующей системы уравнений:

 *ryx*

 1  2*rx x*

* 3*rx x*

 ...   *prx x* ,

 1 2 1 3 1 *p* 1

 *ryx*2

 1*rx x*

 2

* 3*rx x*

 ...   *prx x* ,

 .....................................................

2 1

3 2

*p* 2

3



*p*

*ryxp*

*x x*

и

 1*rx x*

* 2*rx x*
* 3*rx x*

 ...   *p* .

Следует отметить, что величины

*p*

1

*p*

2

*ryx*

*r* называются **парными**

**коэффициентами корреляции** и определяются по формулам

*i*

*i j*

*r*  *yxi*

* *y*  *xi r*

 *xi x j*

* *xi*  *x j*

*yxi*

 *y* *x*

, *xi x j*

 *xi*  *x j*

Связь коэффициентов множественной регрессии *bi*

*i*

.

со стандарти-

зованными коэффициентам *i*

описывается соотношением:

 *y*

*bi*  *i*  .

*x*

*i*

Параметр *a* определяется так:

*a*  *y*  *b*1*x*1  *b*2 *x*2

 ...  *bp xp* .

Для того, чтобы рассчитать относительную силу влияния факторов на результатный признак *у* рассчитываются *средние коэффициенты эластичности* для линейной регрессии по формуле:

Э*yxi*

 *bj*

*xi* .

*y*

Тесноту совместного влияния факторов на результат оценивает линейный коэффициент (*индекс) множественной корреляции*. Для *уравнения в стандартизованном масштабе* линейный коэффициент *множественной корреляции* выглядит так:

*Ryx x* ...*x*  .



 *r*

*i yx*

*i*

1 2 *p*

Значение индекса множественной корреляции лежит в пределах от 0 до 1. Качество построенной модели в целом оценивает *коэффициент (индекс)*

*множественной детерминации*

*R* 2 , который рассчитывается как квадрат

индекса множественной корреляции. Чем он ближе к 1, тем связь между признаками теснее.

Значимость уравнения множественной регрессии в целом оценивается с помощью *F*-критерия Фишера. Фактическое значение критерия определяется по формуле:

*R*2

*F*факт  1  *R*2 

*n*  *m* 1 ,

*m*

где *n* – число наблюдений; *m* – число параметров при переменных *x* в уравнении регрессии.

*F*табл (;*k*1;*k*2 ) определяется по уровню значимости  (который обычно

принимается равным 0,05 или 0,01), числу степеней свободы

*k*1  *m*

и числу

степеней свободы приложении А.

*k*2  *n*  *m*  1. Таблица для определения

*F*табл приведена в

Если

*F*табл  *F*факт , то вероятностью

*p*  1  

можно сделать вывод о

статистической значимости уравнения в целом и показателя тесноты связи.

*Частный F-критерий* оценивает статистическую значимость присутствия каждого из факторов в уравнении. Фактическое значение для него определяется по формуле:

2

*R*

*F*  *yx*1...*xi* ...*x p*

1  *R*

2

*yx*1...*xi* 1*xi* 1...*x p*

* *R*

 *n*  *m* 1

*xi*факт

2 .

1

*yx*1...*xi* ...*x p*

Если фактор-признаков два, то можно дать следующую интерпретацию

частным F-критериям:

*F* оценивает целесообразность включения в

уравнение фактора *х1* после того, как в него был включен фактор *х2. Fх* оценивает целесообразность включения в уравнение фактора *х2* после того, как в него был включен фактор *х1.*

*х*

2

1

# Нелинейные модели регрессии и их линеаризация

При нелинейной зависимости признаков, приводимой к линейному виду, параметры множественной регрессии также определяются по МНК, но только он пременяется не к исходной информации, а к преобразованным данным. Например, в степенной функции вида

*Y*  *a*  *xb*1

1

 *xb*2

…  *xbp* ,

переменные выражаются в логарифмах, чтобы привести функцию к линейному виду:

2

*p*

lg *Y*

 lg *a*  *b*1  lg *x*1  *b*2  lg *x*2

…  *bp*  lg *xp* .

Затем по МНК составляется система уравнений, ее решение соответствует параметрам преобразованной функции. Тогда уравнение исходной степенной функции находится через потенциирование преобразованной функции.

Также линеаризация может быть проведена введением в него новых переменных. Например, в нелинейном уравнении

1

2

*Y*  *a*0

* *a*1

 *x*1

* *a*2

 *x*2

* *a*3

 *x* 2

* *a*4

 *x* 2

можно сделать замену *x*3

 *x*2 ,

*x*4 

*x*2 . В этом случае получается

линейная регрессия с четырьмя фактор-признаками:

1

2

*Y*  *a*0

 *a*1  *x*1  *a*2  *x*2

 *a*3  *x*3  *a*4  *x*4 .

# Система линейных эконометрических уравнений

Объект исследования в экономике - сложные системы и чаще всего макроэкономические показатели взаимосвязаны. Например, расходы на конечное потребление зависят от национального дохода, а тот в свою очередь

– функция от инвестиций. Другой пример: при оценке эффективности производства должны быть задействованы модели рентабельности, производительности и себестоимости (которые между собой также взаимосвязаны). Таким образом в системах уравнений регресии фактор- признаки часто являются зависимыми друг от друга. Поэтому изменение одной переменной сразу влечет за собой изменение во всей системе. Поэтому в экономических исследованиях структура связей между переменными описывается системой «одновременных» уравнений, называемых также *структурными уравнениями*.

*Система взаимосвязанных уравнений* (*структурная форма модели*)– система в которой одни и те же зависимые переменные в одних уравнениях входят в левую часть, а другие в правую:

 *y*1  *b*12 *y*2  *b*13 *y*3  ...  *b*1*n yn*  *a*11*x*1  *a*12 *x*2  ...  *a*1*m xm*  1,

 2  *b*12 *y*1

*y*



 *b*23 *y*3

 ...  *b*2*n yn*

 *a*21*x*1

 *a*22 *x*2

 ...  *a*2*m xm*

 2 ,

 ............................................................................................



 *yn*  *bn*1 *y*1  *bn*2 *y*2  ...  *bn*,*n*1 *yn*1  *an*1 *x*1  *an*2 *x*2  ...  *anm xm*  *n* .

*Эндогенные переменные* – взаимозависимые переменные, которые определяются внутри системы (модели) *y* .

*Экзогенные переменные* – независимые переменные, которые определяются вне системы *x* .

*Лаговые эндогенные переменные* – эндогенные переменные за предыдущие моменты времени.

*Предопределенные переменные* – экзогенные и лаговые эндогенные переменные системы.

Коэффициенты *a* и *b* при переменных – *структурные коэффициенты модели.*

Система линейных функций эндогенных переменных от всех

предопределенных переменных системы – *приведенная форма модели*:

⌢

 *у*1  11*x*1  12 *x*2  ...  1*mxm*  1,



⌢

 *у*2

 21*x*1  22*x*2  ...  2*m xm*

 2,

 .................................................

 ⌢

 *уn*

 *n*1*x*1  *n*2*x*2  ...  *nm xm*

 *n* ,

где

*i* , *j*

– коэффициенты приведенной формы модели

(*i*  1, *n*,

*j*  1, *m* )

*Необходимое условие идентификации* – выполнение счетного правила:

*D*  1  *H D*  1  *H D*  1  *H*

* уравнение идентифицируемо;
* уравнение сверхидентифицируемо;
* уравнение неидентифицируемо,

где *H* – число эндогенных переменных в уравнении;

*D* – число предопределенных переменных, отсутствующих в уравнении, но присутствующих в системе.

*Достаточное условие идентификации* – определитель матрицы, составленной из коэффициентов при переменных, отсутствующих в исследуемом уравнении, не равен нулю, и ранг этой матрицы не менее числа эндогенных переменных системы без единицы.

Для решения идентифицируемого уравнения применяется *косвенный метод наименьших квадратов*, для решения сверхидентифицированных – *двухшаговый метод наименьших квадратов*.

*Косвенный МНК* состоит в следующем:

* + составляют приведенную форму модели и определяют численные значения ее параметров обычным МНК;
  + путем алгебраических преобразований переходят от приведенной формы к уравнениям структурной формы модели, получая тем самым численные оценки структурных параметров.

*Двухшаговый МНК* заключается в следующем:

* + составляют приведенную форму модели и определяют численные значения ее параметров обычным МНК;
  + выявляют эндогенные переменные, находящиеся в правой части структурного уравнения, параметры которого определяются двухшаговым МНК, и находят расчетные значения этих эндогенных переменных по соответствующим уравнениям приведенной системы;
  + обычным МНК определяют параметры структурного уравнения, используя в качестве исходных данных фактические значения предопределенных переменных и расчетные значения эндогенных переменных, стоящих в правой части уравнения. [2, стр. 48]

# Временные ряды

*Временно´й ряд (ряд динамики)* — это собранный в разные моменты времени статистический материал о значении каких-либо параметров исследуемого процесса. Каждая единица статистического материала называется измерением (отчетом) на указанный с ним момент времени. Во временном ряде каждому отчету должно быть указано время измерения или номер измерения по порядку. Временной ряд существенно отличается от простой выборки данных, так как при анализе учитывается взаимосвязь измерений со временем.

*Анализ временны´х рядов* — совокупность математико-статистических методов анализа, предназначенных для выявления структуры временных рядов и для их прогнозирования. Выявление структуры временного ряда необходимо для того, чтобы построить математическую модель того явления, которое является источником анализируемого временного ряда. Прогноз будущих значений временного ряда используется для эффективного принятия решений.

Временные ряды состоят из двух элементов:

* периода времени, за который приводятся числовые значения;
* числовых значений показателя, называемых уровнями ряда.

*Примеры временных рядов.* Временные ряды, как правило, возникают в результате измерения некоторого показателя. Это могут быть как показатели (характеристики) технических систем, так и показатели природных, социальных, экономических и других систем (например, погодные данные). Типичным примером временного ряда можно назвать биржевой курс, при анализе которого пытаются определить основное направление развития (тенденцию или тренда).

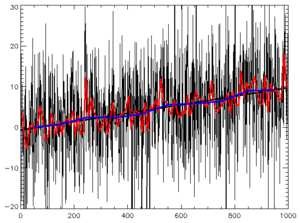


Рисунок 1. Пример временного ряда

# Аналитическое выравнивание временного ряда

*Аналитическое выравнивание временного ряда* – построение аналитической функции, характеризующей зависимость элементов ряда от времени, или тренда.

Для построения тренда используются *функции*:

⌢

* + линейная *уt*

⌢

* + гипербола *уt*

 e

 *a*  *b*  *t* ;

 *a*  *b* / *t* ;

* + экспонента

⌢ *a**b**t*

*t* ;

*у*

⌢ *b*

* степенная функция

*уt*  *a*  *t* ;

* парабола второго и более высоких порядков

⌢

*уt*  *a*  *b*1  *t*  *b*2  *t* 2  ...  *bktk* .

* другие виды функций.

Параметры трендов определяются обычным МНК, в качестве независимой переменной выступает время *t=1, 2,…, n*, а в качестве зависимой

переменной – фактические уровни временного ряда *yt*. Для нелинейных трендов предварительно проводят стандартную процедуру их линеаризации.

При аналитическом выравнивании динамического ряда возникает проблема, связанная с выбором функции тренда. Подбор выравнивающей кривой может осуществляться на основе заранее заданных критериев. К ним относятся: качественный анализ изучаемого процесса; построение и визуальный анализ графика зависимости уровней ряда от времени; расчет некоторых основных показателей динамики; вычисление коэффициентов автокорреляции разного порядка; перебор основных форм тренда и выбор уравнения тренда по максимальному значению коэффициента детерминации; метод конечных разностей.

Достаточно часто критерием отбора наилучшей формы тренда является

наибольшее значение скорректированного коэффициента детерминации

*R* 2 .

*Тренд* —долговременная тенденция изменения исследуемого временного ряда. Тренды могут быть описаны различными уравнениями — линейными, логарифмическими, степенными и т. д. Фактический тип тренда устанавливают на основе подбора его функциональной модели статистическими методами либо сглаживанием исходного временного ряда.

Тренд в *экономике* — направление преимущественного движения показателей. При восходящем тренде последующий пик на графике должен быть выше предыдущих, при нисходящем тренде последующие спады на графике должны быть ниже предыдущих. Выделяют тренды восходящий (бычий), нисходящий (медвежий) и боковой (флэт)- находящийся в некотором диапазоне.



Рисунок 2. Восходящая линия тренда

Линии тренда представляют собой геометрическое отображение средних значений анализируемых показателей, полученное с помощью какой-либо математической функции.

Каждый уровень временного ряда ( *F* ) формируется из большого количества факторов, которые можно разделить на 3 группы:

1. факторы, формирующие тенденцию ряда - *трендовая* (*T* ) компонента;
2. факторы, формирующие циклические колебания - *циклическая* ( *S* ) компонента;
3. случайные факторы - *случайная* ( *E* ) компонента.

Чаще всего временные ряды содержат все три компоненты.

Если временной ряд – это сумма перечисленных компонент, то ему

соответствует *аддитивная модель* вида:

*F*  *T*  *S*  *E* . Если временной ряд

– это произведение перечисленных компонент, то ему соответствует

*мультипликативная модель* временного ряда :

*F*  *T*  *S*  *E* .

**Цель исследования** - выявить и количественно выразить *Т*, *S* и *E* , чтобы сделать прогноз на будущее.

# Алгоритм построения модели

1. выравнивание исходного ряда методом скользящей средней;
2. расчет значений сезонной компоненты *S* ;
3. устранение сезонной компоненты из исходных уровней ряда и

получение выровненных данных в аддитивной

*T*  *E*

или в

мультипликативной *T*  *E*

модели;

1. аналитическое выравнивание уровней

*T*  *E*

или

*T*  *E*

и расчет

значений *T* с использованием полученного уравнение тренда;

1. расчет полученных по модели значений *T*  *E*
2. расчет ошибок *Е*.

или *T*  *E* ;

При наличии во временном ряде тенденции и циклических колебаний значения каждого последующего ряда зависят от предыдущих. Корреляционную зависимость между последовательными уровнями временного ряда называют *автокорреляцией уровней ряда.* Количественно ее измеряют при помощи коэффициента корреляции между уровнями исходного временного ряда и уровнями этого ряда, сдвинутыми на несколько шагов во времени.

Автокорреляция первого порядка измеряет зависимость между соседними уровнями ряда. Ее формула:

*yt*  *y*1  *yt* 1  *y*2 

*n*

*r*1  *t* 2 ,



*t*2

*n*

*y*

 *y*    *y*

2



*t*2

*n*

 *y* 

2

*t* 1

*t*1 2

где

 *yt*

*y*  *t*2 ,

*n*

1

*n*  1

 *yt*1

*y*  *t*2 .

*n*

2

*n*  1

Чем ближе автокорреляция первого порядка к 1, тем теснее зависимость между показателями текущего и предшествующего года, что говорит о наличии сильной линейной тенденции.

Есть автокорреляции и более высоких порядков.

Критерием отбора наилучшей формы тренда является наибольшее

значение скорректированного коэффициента детерминации

*R* 2 .

# Вопросы по дисциплине «Эконометрика»

1. Что такое эконометрика? Что она изучает? Основные этапы формирования эконометрики.
2. Дисперсия, среднеквадратическое отклонение.
3. Виды регрессий. Конкретные примеры на каждый вид регрессии.
4. Что такое парная регрессия? Что такое множественная регрессия? В чем их разница?
5. Что такое парная линейная регрессия? Три класса нелинейных регрессий.
6. Метод наименьших квадратов (МНК). Конкретный пример на МНК.
7. Вычислительные формулы нахождения параметров *a* и *b* парной регрессии.
8. Оценка тесноты связи факторов в парной линейной регрессии? Конкретный пример.
9. Оценка тесноты связи факторов в парной нелинейной регрессии? Конкретный пример.
10. Оценка качества построенной парной регрессии. Допустимый предел.
11. Что такое средний коэффициент эластичности. Примеры.
12. В чем заключается основная задача дисперсионного анализа для парной регрессии? Пример.
13. Что характеризует долю дисперсии, объясняемую регрессией, в общей дисперсии *Y*?
14. Какие зависимости наиболее характерны для построения множественной регрессии?
15. Система нормальных уравнений в МНК для линейной множественной регрессии.
16. Формулы для решения системы нормальных уравнений в МНК.
17. Привести вид уравнения линейной множественной регрессии (ЛМР), отличающийся от обычного.
18. Как связаны обычные коэффициенты ЛМР со стандартизированными?
19. Что такое средние коэффициенты эластичности, частные коэффициенты эластичности в ЛМР?
20. Как оценить тесноту совместного влияния факторов на результат в множественной регрессии?
21. В чем заключается проблема мультиколлинеарности факторов? Как ее оценить?
22. Виды эконометрических уравнений. Пример.
23. Конструкция строения системы взаимосвязанных уравнений. Пример.
24. Какая из систем эконометрических уравнений является структурной формой модели?
25. Эндогенные, экзогенные, предопределенные переменные. Их смысл.
26. Приведенная форма модели. Пример.
27. Косвенный метод наименьших квадратов. Его этапы.
28. Двухшаговый метод наименьших квадратов. Его этапы.
29. Модель временного ряда. Формирование каждого уровня временного ряда.
30. Аддитивная, мультипликативная модели временного ряда. Примеры.
31. Основные этапы построения модели временного ряда.
32. Аналитическое выравнивание временного ряда. Примеры.
33. Нахождение параметров трендов. Каков критерий отбора наилучшего тренда?

# Задания на самостоятельную работу

**Задача 1**

Построить графически поле корреляции фактор-признака и результативного признака. Рассчитать параметры *a* и *b* уравнения парной линейной регрессии. Оценить тесноту связи данных и качество простроенной линейной модели.

***Вариант 1.*** Торговое предприятие имеет несколько филиалов. Исследуется зависимость годового товарооборота отдельного филиала от размера торговой площади:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Торговая  площадь | 0,31 | 0,98 | 1,21 | 1,29 | 1,12 | 1,49 | 0,78 | 0,94 | 1,29 | 0,48 | 0,24 |
| Товаро-  оборот | 2,93 | 5,27 | 6,85 | 7,01 | 7,02 | 8,35 | 4,33 | 5,77 | 7,68 | 3,16 | 1,52 |

***Вариант 2.*** Торговое предприятие имеет несколько филиалов. Исследуется зависимость годового товарооборота отдельного филиала от среднедневной интенсивности потока покупателей:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интен- сивность потока | 9,24 | 10,51 | 10,81 | 11,89 | 12,72 | 13,92 | 12,54 | 12,36 | 12,27 | 11,01 | 8,25 |
| Товаро- оборот | 2,93 | 5,27 | 6,85 | 7,01 | 7,02 | 8,35 | 4,33 | 5,77 | 7,68 | 3,16 | 1,52 |

***Вариант 3.*** Исследуется зависимость себестоимости 1т. литья (Y) в руб. от выработки литья на одного рабочего (Х) в тоннах по 11 литейным цехам заводов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Х | 14,6 | 13,5 | 21,5 | 17,4 | 44,8 | 111,9 | 20,1 | 28,1 | 22,3 | 25,3 | 56,0 |
| Y | 239 | 254 | 262 | 251 | 158 | 101 | 259 | 186 | 204 | 198 | 170 |

***Вариант 4.*** Исследуется зависимость себестоимости 1т. литья (Y) в руб. от брака литья (Х) в тоннах по 11 литейным цехам заводов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Х | 4,2 | 5,5 | 6,7 | 7,7 | 1,2 | 2,2 | 8,4 | 6,4 | 4,2 | 3,2 | 3,1 |
| Y | 239 | 254 | 262 | 251 | 158 | 101 | 259 | 186 | 204 | 198 | 170 |

***Вариант 5.*** В таблице приведены данные о годовом потреблении свинины

(Y) на душу населения в США (в фунтах) и оптовых ценах на свинину (в долларах за фунт) за период с 1948 по 1957.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Х | 0,54 | 0,47 | 0,46 | 0,45 | 0,43 | 0,5 | 0,52 | 0,53 | 0,51 | 0,55 |
| Y | 67,8 | 67,7 | 69,2 | 71,9 | 72,4 | 68,5 | 67 | 65,7 | 64,5 | 61,5 |

***Вариант 6.*** В таблице приведены данные о размерах совокупного располагаемого дохода (Х) и совокупных расходах на личное потребление

1. в США за период с 1979 по 1988 год. Обе величины выражены в текущих долларах США.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Х | 695 | 751 | 810 | 914 | 998 | 1096 | 1194 | 1313 | 1474 | 1650 |
| Y | 621 | 672 | 737 | 811 | 887 | 976 | 1084 | 1204 | 1346 | 1506 |

***Вариант 7.*** Приведены данные по располагаемому доходу домохозяйств (Х) и затратам домохозяйств на розничные покупки (Y) за 10 лет.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Х | 9,09 | 9,14 | 9,1 | 9,28 | 9,23 | 9,35 | 9,53 | 9,76 | 10,28 | 10,67 |
| Y | 5,49 | 5,54 | 5,31 | 5,51 | 5,42 | 5,32 | 5,54 | 5,69 | 5,87 | 6,16 |

***Вариант 8.*** По имеющимся статистическим данным исследуется зависимость между темпом прироста заработной платы (Х) и уровнем безработицы (Y) в %.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 |
| Х | 2,67 | 2,73 | 2,8 | 2,93 | 3,02 | 3,15 | 3,27 | 3,45 | 3,6 | 3,8 |
| Y | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,85 | 1,7 | 1,5 | 1,25 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |

***Вариант 9.*** Анализируется зависимость между инфляцией (Х) и безработицей (Y). Используются статистические данные за 10 лет.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Х | 5,12 | 4,08 | 3,07 | 2,54 | 3,38 | 2,2 | 0,7 | 1,1 | 0,93 | 1 |
| Y | 9,55 | 9,1 | 8,5 | 6,53 | 4,63 | 6,5 | 3,69 | 3,71 | 3,2 | 3,6 |

***Вариант 10.*** В таблице приведены данные об изменении потребительского спроса (Y) на товар в зависимости от цены (Х) в руб. в течении 10 недель.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Х | 17 | 17,5 | 18 | 19 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 23 |
| Y | 10 | 11 | 12 | 10 | 11 | 12 | 12 | 14 | 13 | 14 |

**Задача 2**

Имеются статистические данные, описывающие зависимость производительности труда в некоторой отрасли производства (Y) от удельного веса рабочих с технической поготовкой (Х1) и удельного веса механизированных работ (Х2). Построить уравнение множественной регрессии. Оценить качество построенной модели.

В таблице число V – последняя цифра в зачетной книжке.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № завода | удельный вес рабочих с технической поготовкой  %, (Х1) | удельный вес механизированных работ, % (Х2) | производительность труда (Y) |
| 1 | 64+V | 84+V | 4350 |
| 2 | 61+V | 83+V | 4100 |
| 3 | 47+V | 67+V | 2950 |
| 4 | 46+V | 63+V | 2900 |
| 5 | 49+V | 69+V | 2950 |
| 6 | 54+V | 70+V | 3350 |
| 7 | 53+V | 73+V | 3410 |
| 8 | 61+V | 81+V | 4050 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 9 | 57+V | 77+V | 3650 |
| 10 | 54+V | 72+V | 3450 |
| 11 | 60+V | 80+V | 3950 |
| 12 | 67+V | 83+V | 4400 |
| 13 | 63+V | 85+V | 4220 |

**Задача 3**

В таблице представлена информация по пяти регионам относительно анализируемых признаков x1, x2, y1, y2. Структурная форма модели имеет

вид:

 *y*1  *b*12 *y*2  *a*11*x*1  1

 2  *b*21 *y*1

*y*



 *a*22 *x*2

  2

Используя косвенный метод наименьших квадратов, оценить коэффициенты структурной модели.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант 1 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 4 | 6 | 8 | 4 |
| 2 | 10 | 12 | 14 | 6 |
| 3 | 14 | 12 | 14 | 8 |
| 4 | 8 | 10 | 12 | 10 |
| 5 | 6 | 8 | 8 | 6 |
| Вариант 3 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 10 | 8 | 4 | 14 |
| 2 | 4 | 2 | 10 | 6 |
| 3 | 8 | 6 | 2 | 10 |
| 4 | 2 | 4 | 6 | 4 |
| 5 | 6 | 4 | 8 | 8 |
| Вариант 5 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 4 | 6 | 8 | 6 |
| 2 | 6 | 2 | 10 | 8 |
| 3 | 10 | 6 | 14 | 2 |
| 4 | 14 | 10 | 12 | 12 |
| 5 | 18 | 14 | 16 | 4 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант 2 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 4 | 6 | 10 | 8 |
| 2 | 8 | 6 | 4 | 10 |
| 3 | 6 | 4 | 6 | 10 |
| 4 | 12 | 10 | 8 | 16 |
| 5 | 10 | 8 | 12 | 14 |
| Вариант 4 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 4 | 8 | 2 | 6 |
| 2 | 2 | 6 | 10 | 4 |
| 3 | 10 | 18 | 16 | 14 |
| 4 | 6 | 10 | 14 | 6 |
| 5 | 8 | 12 | 8 | 10 |
| Вариант 6 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 12 | 8 | 10 | 2 |
| 2 | 4 | 2 | 8 | 4 |
| 3 | 16 | 12 | 14 | 10 |
| 4 | 8 | 4 | 6 | 6 |
| 5 | 6 | 2 | 4 | 12 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант 7 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 10 | 4 | 10 | 12 |
| 2 | 4 | 2 | 6 | 6 |
| 3 | 18 | 12 | 16 | 14 |
| 4 | 14 | 8 | 4 | 16 |
| 5 | 12 | 6 | 12 | 14 |
| Вариант 9 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 12 | 6 | 14 | 16 |
| 2 | 6 | 4 | 8 | 4 |
| 3 | 14 | 8 | 16 | 10 |
| 4 | 8 | 2 | 10 | 6 |
| 5 | 16 | 10 | 12 | 8 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант 8 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 10 | 14 | 8 | 16 |
| 2 | 4 | 8 | 2 | 10 |
| 3 | 6 | 10 | 4 | 2 |
| 4 | 14 | 18 | 14 | 6 |
| 5 | 12 | 10 | 10 | 12 |
| Вариант  10 |  | | | |
| регион | y1 | y2 | x1 | x2 |
| 1 | 4 | 6 | 16 | 8 |
| 2 | 8 | 10 | 6 | 10 |
| 3 | 14 | 18 | 10 | 18 |
| 4 | 6 | 8 | 8 | 10 |
| 5 | 12 | 14 | 4 | 16 |

**Задача 4**

Построить аддитивную модель временного ряда, выделив сезонную, трендовую и случайные компоненты.

В некоторой стране потребление электроэнергии за 2009 и 2010 годы имело в млн.квт/час следующие данные (по месяцам):

Вариант 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| мес.  год | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 2009 | 2,46 | 3,18 | 3,84 | 3,33 | 3,18 | 3,45 | 3,09 | 4,26 | 3,51 | 3,66 | 5,01 | 6,57 |
| 2010 | 2,79 | 3,27 | 4,14 | 4,86 | 3,48 | 5,07 | 3,03 | 5,07 | 4,86 | 3,81 | 5,64 | 4,29 |

Вариант 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| мес.  год | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 2009 | 40,14 | 39,66 | 37,74 | 35,85 | 34,11 | 33,69 | 33,3 | 32,91 | 32,88 | 32,85 | 32,82 | 33,18 |
| 2010 | 33,57 | 33,93 | 32,37 | 30,87 | 29,34 | 29,28 | 29,25 | 29,22 | 29,49 | 29,79 | 30,09 | 29,61 |

(Вариант 1 соответствует нечетному номеру зачетной книжки, а вариант 2 - четному).

# Библиографический список

* 1. Безуглова, Н. П., Фетисов В.Г. Эконометрика: практич. пособ. для студентов очной и заочной форм обучения спец. 060400 "Финансы и кредит" и 060500 "Бухгалтерский учет и аудит" / Н. П. Безуглова, В. Г. Фетисов; М-во образования и науки РФ; ЮРГУЭС, ВИС (филиал) ЮРГУЭС. - Шахты: изд- во ЮРГУЭС, 2004. - 54 с. - Библиогр.: с. 54.
  2. Эконометрика : практикум / В.Г. Фетисов, Н.П. Величко, С.В. Рубцова. – Шахты : ГОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2009. – 82 с.
  3. Эконометрика: учебник для вузов / под ред. И. И. Елисеевой. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 344 с.
  4. Носко, В. П. Эконометрика для начинающих: основные понятия, элементарные методы, границы применимости, интерпретация результатов / В. П. Носко. - М.: ин-тут экономики переходного периода, 2000. - 252 с.
  5. Практикум по эконометрике: учеб. пособ. / И. И. Елисеева, С. В. Курышева, Н. М. Гордиенко [и др.]; под ред. И. И. Елисеевой. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 192 с.
  6. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Эконометрика.](http://ru.wikipedia.org/wiki/Эконометрика)
  7. Рассказова Н.В. Эконометрика. Методические указания к лабораторным и курсовым работам. для студентов заочной формы обучения / Рубцовский индустриальный институт. Рубцовск, 2007. 37 с.

Приложение А

# Таблица значений критерия Фишера (F-критерия)

Значения критерия Фишера (F-критерия) для уровня значимости  = 0.05

k1 - число степеней свободы большей дисперсии, k2 - число степеней свободы меньшей дисперсии

k1

k2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15

1 161.45 199.50 215.71 224.58 230.16 233.99 236.77 238.88 240.54 241.88 245.95

2 18.51 19.00 19.16 19.25 19.30 19.33 19.35 19.37 19.38 19.40 19.43

3 10.13 9.55 9.28 9.12 9.01 8.94 8.89 8.85 8.81 8.79 8.70

4 7.71 6.94 6.59 6.39 6.26 6.16 6.09 6.04 6.00 5.96 5.86

5 6.61 5.79 5.41 5.19 5.05 4.95 4.88 4.82 4.77 4.74 4.62

6 5.99 5.14 4.76 4.53 4.39 4.28 4.21 4.15 4.10 4.06 3.94

7 5.59 4.74 4.35 4.12 3.97 3.87 3.79 3.73 3.68 3.64 3.51

8 5.32 4.46 4.07 3.84 3.69 3.58 3.50 3.44 3.39 3.35 3.22

9 5.12 4.26 3.86 3.63 3.48 3.37 3.29 3.23 3.18 3.14 3.01

10 4.96 4.10 3.71 3.48 3.33 3.22 3.14 3.07 3.02 2.98 2.85

11 4.84 3.98 3.59 3.36 3.20 3.09 3.01 2.95 2.90 2.85 2.72

12 4.75 3.89 3.49 3.26 3.11 3.00 2.91 2.85 2.80 2.75 2.62

13 4.67 3.81 3.41 3.18 3.03 2.92 2.83 2.77 2.71 2.67 2.53

14 4.60 3.74 3.34 3.11 2.96 2.85 2.76 2.70 2.65 2.60 2.46

15 4.54 3.68 3.29 3.06 2.90 2.79 2.71 2.64 2.59 2.54 2.40

16 4.49 3.63 3.24 3.01 2.85 2.74 2.66 2.59 2.54 2.49 2.35

17 4.45 3.59 3.20 2.96 2.81 2.70 2.61 2.55 2.49 2.45 2.31

18 4.41 3.55 3.16 2.93 2.77 2.66 2.58 2.51 2.46 2.41 2.27

19 4.38 3.52 3.13 2.90 2.74 2.63 2.54 2.48 2.42 2.38 2.23

20 4.35 3.49 3.10 2.87 2.71 2.60 2.51 2.45 2.39 2.35 2.20

Методические указания рекомендованы к внутривузовскому изданию решением Методического совета ВИС ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС» для студентов очной и заочной форм обучения направления 080100 «Экономика» бакалавриат. Протокол № от . 12 г. Согласовано на заседании НМСС, протокол № \_\_ от .12 г.

Ю.В. Никонорова

Эконометрика Методические указания

Редактирование и корректура автора

\_

\_

Подписано к печати 00.00.12. Формат бумаги 60х 90 / 16. Объём 2 усл. п.л.

Тираж 100 экз. Заказ № 000/10.

347383, г. Волгодонск, Ростовской обл., пр. Мира, 16, ВИС ФГБОУ ВПО « ЮРГУЭС»