



НАРОДНА УКРАЇНСКА АКАДЕМІЯ

ЭКОНОМЕТРИКА

Методические рекомендации

НАРОДНАЯ УКРАИНСКАЯ АКАДЕМИЯ

ЭКОНОМЕТРИКА

Методические рекомендации и материалы к самостоятельной работе для студентов факультета «Бизнес-управления», обучающихся по направлению подготовки 6.030504 – Экономика предприятия

Харьков

Издательство НУА

2016

УДК 004.383.1(072+078.5)

ББК 32.973.26-018.2р30

Э40

*Утверждено на заседании
кафедры информационных технологий и математики
Народной украинской академии.
Протокол № 10 от 16.05.2016*

Р е ц е н з е н т канд. техн. наук *О. В. Лазаренко*

А в т о р ы - с о с т а в и т е л и : С. Б. Данилевич, О. В. Дьячкова

Э40 Эконометрика : метод. рекомендации и материалы к самостоят. работе для студентов фак. «Бизнес-управление», обучающихся по направлению подгот. 6.030504 - «Экономика предприятия» (кред.-модул. система) / Нар. укр. акад., [каф. информ. технологий и математики ; авт.-сост: С. Б. Данилевич, О. В. Дьячкова].– Харьков : Изд-во НУА, 2016. – 52 с.

Методические рекомендации раскрывают содержание дисциплины «Эконометрика». Издание включает программу и тематический план, указаны формы контроля и оценка модуля в баллах, приведены методические рекомендации по изучению тем и выполнению заданий, вопросы для самопроверки, словарь основных терминов, список рекомендуемой литературы. Предназначено для самостоятельной работы студентов последиplomной формы обучения.

Методичні рекомендації розкривають зміст дисципліни «Економетрика». Видання включає програму і тематичний план, вказані форми контролю та оцінка модуля в балах, наведено методичні рекомендації щодо вивчення тем і виконання завдань, питання для самоперевірки, словник основних термінів, список рекомендованої літератури. Призначений для самостійної роботи студентів післядипломної форми навчання.

УДК 004.383.1(072+078.5)

ББК 32.973.26-018.2р30

© Народная украинская академия, 2016

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Учебная дисциплина «Эконометрика» изучается согласно учебному плану подготовки специалистов образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» направления подготовки 6.030504 - «Экономика предприятия».

Предмет эконометрики – количественная оценка зависимостей между экономическими величинами, то есть разработка моделей и их использование в научных исследованиях и управлении экономическими системами.

Цель дисциплины «Эконометрика» – научить подходам к формированию эконометрических моделей различных уровней и содержания, принципам эконометрического исследования.

Основные задачи эконометрики:

Построение эконометрической модели

Оценка параметров построенной модели, при которых выбранная модель наиболее адекватна реальным данным

Проверка качества найденных параметров модели и самой модели в целом

Использование построенных моделей для объяснения поведения исследуемых экономических показателей, прогнозирования, осмысленного проведения экономической политики (С. А. Бородич).

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Курс обеспечивает базовую компьютерную подготовку студентов по направлению высшего профессионального образования «Специальность 7.050107 Экономика предприятия». Он изучается в 3-м семестре и состоит из модулей:

- модуль 1 «Парная регрессия»
- модуль 2 «Множественный регрессионный анализ»;
- модуль 3 «Моделирование динамических процессов».

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

цели и задачи эконометрики;

область и степень её применимости;

основные положения, теоретические основы и методы;

информационные системы поддержки эконометрических исследований и расчётов;

основы регрессионного анализа;

основы статистического оценивания и анализа точности параметров уравнения регрессии;

предпосылки для применения классических регрессионных моделей;

основы анализа эконометрических моделей, представляющих собой системы одновременных уравнений;

основы анализа и прогнозирования временных рядов;

уметь:

решать типовые задачи;

использовать основные приемы эконометрического исследования эмпирических данных;

самостоятельно работать с учебно-методической литературой и компьютерными программами при анализе применимости эконометрических методов.

иметь представление:

об основных статистических инструментах, методах и способах обработки экономических данных.

Учебный материал базируется на теоретических знаниях и практических навыках, полученных в курсах информатики, теории вероятностей, математической статистики, твердых познаниях в области экономической теории.

Полученные в результате овладения данного модуля умения и навыки могут быть применены в дальнейшем при изучении профессионально-ориентированных и специализированных дисциплин, при выполнении расчетных заданий, лабораторных, курсовых и дипломных работ.

Дисциплина имеет практическую направленность. Для достижения необходимого уровня практических знаний и умений предполагается проведение практических занятий в компьютерных аудиториях ХГУ «НУА», самостоятельное выполнение лабораторных и контрольных заданий. Для индивидуального изучения студентам выдаются список тем по модулю и вопросы к ним, список учебно-методической и справочной литературы, задания для самостоятельной работы.

Общий объем модулей:

	Наименование темы	Количество часов		
		Всего	Практические занятия	Самостоятельная работа
1.	Парная регрессия			
1.1.	Линейная регрессия	18	6	12
1.2.	Нелинейная регрессия	18	6	12
2.	Множественный регрессионный анализ			
2.1.	Многофакторные модели	18	6	12
2.2.	Особые случаи	18	8	12
3.	Моделирование динамических процессов			
3.1.	Автокорреляция	16	4	12
3.2.	Моделирование динамических процессов	18	6	12
	Всего за семестр	106	36	72

Проверка теоретических знаний и практических навыков предусматривает:

- текущий контроль во время занятий, при проверке выполнения практических работ;
- тестирование с использованием компьютерных обучающе-контролирующих программ;
- текущий контроль в виде контрольных заданий.

С целью обеспечения максимальной эффективности практического освоения материала дисциплины на каждом занятии и во время индивидуальной работы каждый студент группы обеспечивается в компьютерном классе индивидуальным рабочим местом.

Академические успехи студента определяются по рейтинговой 100-балльной шкале ХГУ «НУА», а итоговые оценки – по 5-балльной национальной шкале. Соотношения оценок национальной шкалы, рейтинговой шкалы ХГУ «НУА» и шкалы Европейской кредитно-трансферной и аккумулярующей системы (ECTS) выглядит следующим образом:

Оценка по шкале ECTS	Обозначение по шкале ECTS	Обозначение по национальной шкале	По шкале ХГУ НУА
A	ОТЛИЧНО – отличное выполнение лишь с незначительным количеством ошибок	5 (отлично)	85–100 баллов
B	ОЧЕНЬ ХОРОШО – выше среднего уровня с несколькими ошибками	4 (хорошо)	75–84 баллов
C	ХОРОШО – в общем правильная работа с определенным количеством значительных ошибок		65–74 баллов
D	УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – неплохо, однако с большим количеством недостатков	3 (удовлетворительно)	57–64 баллов
E	ДОСТАТОЧНО – выполнение удовлетворяет минимальным критериям		50–56 баллов
FX	НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – необходимо поработать перед тем, как пересдать модуль учебной дисциплины	неудовлетворительно	25–49 баллов
F	НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – необходима дальнейшая серьезная работа, с обязательным повторным изучением модуля		0–24 баллов

Общая сумма баллов за модуль дисциплины складывается из баллов, полученных за каждую тему. Максимально возможное количество баллов по каждой теме указано ниже в таблице «Содержание практических занятий». Максимальное количество баллов за тему выставляется при безошибочном и своевременном выполнении практических работ и сдаче тестов с использованием компьютерных контролирующих программ на оценку «отлично». Сумма максимальных баллов по всем работам модуля составляет 100 баллов.

Для успешного освоения и сдачи модулей необходимо набрать за семестр не менее 50 баллов по рейтинговой 100-балльной шкале при условии выполнения и успешной сдачи всех предусмотренных программой работ. Полученное количество баллов за модуль учитывается при академической аттестации студента по дисциплине «Основы информатики» за семестр.

Академическая аттестация учитывает результаты освоения и сдачи материала модулей дисциплины, а также итоговый контроль, проводимый в экзаменационную сессию. Итоговая аттестационная оценка складывается из трех компонент – количества баллов за модули (вклад – 70%), зачетная оценка (вклад – 30%). Максимально возможное итоговое количество баллов для аттестации – 100 баллов.

СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ 1

«Парная регрессия»

Тема 1.1. Линейная регрессия.

Основы эконометрического моделирования. Статистическая база. Принципы построения эконометрических моделей. Парная линейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Интерпретация уравнения регрессии. Коэффициент детерминации. Проверка на значимость коэффициентов регрессии и адекватность модели в целом.

Тема 1.2. Нелинейная регрессия.

Преобразование переменных (базисная процедура). Нелинейные модели, сводятся к линейным. Логарифмические преобразования. Коэффициент эластичности. Случайные ошибки. Сравнение моделей.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН МОДУЛЯ 1

Наименование темы		Количество часов		
		Всего	Практические занятия	Самостоятельная работа
1.1.	Линейная регрессия	18	6	12
1.2.	Нелинейная регрессия	18	6	12
	Всего за первый семестр	36	12	24

СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ 2

«Множественный регрессионный анализ»

Тема 2.1. Многофакторные модели.

Теорема Гаусса-Маркова. Этапы и методы построения моделей множественной регрессии. Спецификация переменных в уравнениях регрессии. Многофакторные линейные модели. Множественная регрессия в нелинейных моделях. Свойства коэффициентов множественной регрессии. Качество оценки.

Тема 2.2. Особые случаи.

Обобщенные эконометрические модели. Особые случаи в эконометрических моделях (Гетероскедастичность, мультиколлинеарность, автокорреляция). Фиктивные переменные. Множественные совокупности фиктивных переменных. Фиктивные коэффициенты для коэффициента наклона. Тест Чоу.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН МОДУЛЯ 2

Наименование темы		Количество часов		
		Всего	Практические занятия	Самостоятельная работа
2.1.	Многофакторные модели	18	6	12
2.2.	Особые случаи	18	8	12
	Всего за семестр	36	14	24

СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ 3

«Моделирование динамических процессов»

Тема 3.1. Автокорреляция.

Эконометрические модели динамики. Автокорреляция уровней временного ряда. Автокорреляция в остатках. Критерий Дарбина-Уотсона. Оценивания коэффициентов регрессии при наличии автокорреляции в остатках.

Тема 3.2. Моделирование динамических процессов.

Моделирование тенденции, сезонных и циклических колебаний. Использование фиктивных переменных при наличии структурных изменений.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН МОДУЛЯ 3

Наименование темы		Количество часов		
		Всего	Практические занятия	Самостоятельная работа
3.1.	Автокорреляция	16	4	12
3.2.	Моделирование динамических процессов	18	6	12
	Всего за семестр	34	10	24

МОДУЛЬ 1. Парная регрессия

Тема 1.1. Линейная регрессия.

Корреляционно-регрессионный анализ является основным в изучении взаимосвязей явлений. Данный метод содержит две составляющие части – корреляционный анализ и регрессионный анализ.

Корреляционный анализ – раздел математической статистики, изучающий *тесноту связи* (с помощью расчета коэффициентов корреляции) между переменными без их разделения на факторные и результативные.

Регрессионный анализ – раздел математической статистики, изучающий *форму зависимости* между факторными и результативными переменными.

Диаграмма рассеяния (корреляционное поле) – графическое представление корреляционной связи (где оси соответствуют обеим переменным) называется диаграммой рассеяния (корреляционным полем).

Регрессионные модели:

парная (простая) регрессия – регрессия между двумя переменными – y и x , т. е. модель вида $y = F(x)$, где y – результативный признак; x – признак-фактор. Парная регрессия достаточна, если имеется доминирующий фактор, который и используется в качестве объясняющей переменной.

множественная регрессия – регрессия результативного признака с двумя и большим числом факторов, т. е. модель вида $y = F(x_1, x_2, \dots, x_k)$.

Регрессионные модели с одним уравнением:

1. Линейная: $y = a + bx + \varepsilon$.

2. Степенная: $y = a \times x^b + \varepsilon$.

3. Гиперболическая: $y = a + bx^{-1} + \varepsilon$.

4. Полиномиальная: $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots + \varepsilon$

5. Экспоненциальная: $y = e^{a+bx} + \varepsilon$

и другие.

Графическое представление корреляционной связи (где оси соответствуют обеим переменным) называется **диаграммой рассеяния (корреляционным полем)**.

Статистические характеристики – показатели, характеризующие последовательности $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ (см. Приложение 1).

ЗАДАНИЯ К ТЕМЕ 1.1.

Задание 1. Анализ зависимости между переменными.

Создайте новую книгу Excel. В первой строке указать свою фамилию, группу, дату выполнения. Файл сохранить под названием «Фамилия ЭММ 1» в своей папке.

1.1. Сравните (письменно) деятельность двух менеджеров, контролирующих остатки товаров в двух ваших магазинах.

Кто из них лучше управляет запасами либо оба работают одинаково?

Стоки последних шести недель:

магазин 1	33	31	32	36	31	31
магазин 2	22	34	58	52	10	21

Рассчитайте и сравните средние значения стоков. Как они характеризуют работу менеджеров?

Рассчитайте и сравните стандартные отклонения. Как они характеризуют работу менеджеров?

Рассчитайте и сравните коэффициенты вариации. Как они характеризуют работу менеджеров?

Формулы для расчётов приведены в Приложении 1.

Сделайте выводы о работе менеджеров.

1.2. Дана таблица потребления мяса:

Поголовье КРС (млн т)	Объем производства молока (тыс. т)	Объем производства мяса (тыс. т)	Потребление мяса (в кг на душу населения в год)
57	1,49	8,37	69
54,7	1,38	8,26	60
52,2	1,29	7,51	69
48,9	1,1	6,8	57
43,3	0,99	5,79	55
39,7	0,9	5,33	51
35,1	0,88	4,85	50

Проанализируйте потребление мяса: рассчитайте среднее, выборочную дисперсию, стандартное отклонение, коэф. вариации.

Интерпретируйте эти показатели и сделайте вывод (письменно) об однородности данных.

Вызовите пакет анализа / Описательная статистика (выберите итоговую статистику). Сравните (устно) результаты с вашими расчетами.

Выясните, существует ли связь между поголовьем КРС и производством молока (письменно)?

Рассчитайте для этого ковариацию и коэф. корреляции. Интерпретируйте эти показатели.

Постройте диаграмму рассеяния.

Вызовите пакет анализа / Ковариация, а затем Корреляция для тех же данных. Сравните результаты с вашими расчетами.

Проведите анализ зависимости между собой всех исходных данных с помощью пакета анализа / Корреляция.

Сделайте письменные выводы.

Задание 2. Статистическая база эконометрических моделей.

1. Выберите исходные данные для своего варианта из Приложения 2. За переменную X возьмите потребительские расходы мира, а Y – расходы какой-либо страны.
2. По исходным данным построить корреляционное поле с помощью «Мастер диаграмм», «Точечная».

3. Для данных X и Y рассчитать средние значения.
4. Создать новые колонки: $(X - X_{cp})^2$, $(Y - Y_{cp})^2$, $(X - X_{cp})(Y - Y_{cp})$.
5. Рассчитать соответствующие значения в этих колонках.
6. Найти средние, обозначить соответственно дисперсии X и Y , ковариацию.
7. Найти коэффициент корреляции: $r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{D(X) \cdot D(Y)}}$.
8. Сделать вывод о корреляционной связи между X и Y .

Задание 3. Построение линейной эконометрической модели

1. Скопировать Ваш файл предыдущей работы ЭММ1.xls. Назвать лист с решением предыдущей работы ЭММ1. Добавить новый лист ЭММ2, указать на нем снова фамилию, группу, текущую дату выполнения работы. Файл сохранить под названием Фамилия_ЭММ2 в своей папке.
2. Сделать копию листа ЭММ1, назвать его Линейный_тренд. Для имеющейся точечной диаграммы построить линейный тренд. Задать отображение уравнения на диаграмме. Настроить масштаб отображения шкалы на диаграмме, так чтобы обе линии занимали всю область построения диаграммы. Задать для линий цвета: синий и красный.
3. Ниже диаграммы выписать (или скопировать) уравнение полученного линейного тренда.
4. Сделать копию листа ЭММ1, назвать его Метод МНК. Удалить с него все данные, кроме исходных (столбцов X и Y). Скопировать из презентации ЭММ2.ppt формулы (изображения) расчета коэффициентов линейной регрессии.
5. Рассчитать по этим формулам значения коэффициентов.
6. Ниже выписать уравнение линейной регрессии с полученными коэффициентами.
7. Ниже диаграммы выписать (или скопировать) уравнение полученного. Добавить новый лист ЛИНЕЙН. Скопировать на него исходные данные (столбцы X и Y) с предыдущего листа.
8. Рассчитать коэффициенты линейной регрессии с помощью встроенной статистической функции ЛИНЕЙН. (Подсказка. Не забудьте, что это функция массивов, вводится с помощью Ctrl+Shift+Enter). Каждый полученный коэффициент снабдите пояснительной надписью.
9. Ниже выпишите уравнение линейной регрессии с полученными коэффициентами.
10. Добавить новый лист Пакет_анализа. Скопировать на него исходные данные (столбцы X и Y) с предыдущего листа.

11. С помощью инструмента анализа данных Регрессия проведите регрессионный анализ данных. Результаты расположите ниже на том же листе.
12. Ячейки, содержащие рассчитанные значения коэффициентов, выделите желтым цветом. Снабдите их примечанием с описанием каждого коэффициента.
13. Ниже выпишите уравнение линейной регрессии с полученными коэффициентами.
14. Найдите среди результатов ячейку, содержащую значение корреляции, выделите ее красным цветом. Снабдите ее также примечанием с описанием.
15. Сравните (письменно, ниже) полученные значения коэффициентов регрессии и коэффициента корреляции с результатами на листе ЭММ1.
16. Результат сохраните в своей папке и скопируйте в папку \$control.

**Задание 4. Оценка значимости параметров
и адекватности линейной эконометрической модели**

1. Скопировать Ваш файл предыдущей работы *ЭММ2.xls*. Сохранить его под именем *ЭММ3.xls*. На листе *Пакет_анализа* снабдить примечаниями ячейки:

рассчитанных коэффициентов b_0, b_1 ;

значение корреляции;

коэффициента детерминации;

$t(b_0), t(b_1)$;

F -критерий Фишера.

2. Написать вывод по коэффициенту корреляции и коэффициенту детерминации.
3. Оценить значимость параметров b_0, b_1 . Написать вывод.
4. Оценить адекватность модели в целом (значимость коэффициента детерминации). Написать вывод.
5. Рассчитать $\hat{y} = y_{оцен.}$. На одном рисунке построить корреляционное поле данных (x, y) и прямую $(x, y_{оцен.})$.
6. Результат сохраните в своей папке и скопируйте в папку \$control

Тема 1.2. Нелинейная регрессия

Нелинейная регрессия — частный случай регрессионного анализа, в котором рассматриваемая регрессионная модель есть функция, зависящая от

параметров и от одной или нескольких свободных переменных. Зависимость от параметров предполагается нелинейной.

Выбор вида регрессии

Для парной регрессии применяют три способа выбора вида математической функции:

- графический
- аналитический (исходя из теории изучаемой взаимосвязи);
- экспериментальный

Виды нелинейных моделей

Регрессии, нелинейные по включенным в анализ объясняющим переменным, но линейные по оцениваемым параметрам.

Регрессии, нелинейные по оцениваемым параметрам.

Примеры моделей, нелинейных по переменным

Полиномиальная:

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \varepsilon$$

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + \varepsilon$$

Парабола 2-й степени обычно применяется, когда на некотором интервале меняется характер связи переменных – нпр., прямая связь меняется на обратную и наоборот.

Гиперболическая: $y = b_0 + \frac{b_1}{x} + \varepsilon$

Гиперболу используют для характеристики связи удельных расходов сырья, материалов, топлива от объема выпуска, времени обращения товаров от товарооборота, прироста зарплаты от уровня безработицы (кривая Филлипса), расходов на непродовольственные товары от доходов или общей суммы расходов (кривые Э. Энгеля) и др.

Регрессии, нелинейные по переменным

Заменой $z_i = \varphi(x_i), i = \overline{1, n}$ нелинейная парная регрессия $\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot \varphi(x)$ приводится к линейной парной регрессии $\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot z$.

Примеры

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot \sqrt{x} \quad \hat{y} = b_0 + \frac{b_1}{x}$$

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot x^2 \quad \hat{y} = b_0 + b_1 \cdot \ln x$$

Примеры нелинейных по параметрам моделей, внутренне линейных

Приводятся к линейному виду с помощью преобразований – например, логарифмированием.

Степенная: $y = b_0 \cdot x^{b_1} \cdot \varepsilon$.

Широко используется, т.к. b имеет четкое экономическое объяснение – это коэффициент эластичности.

Экспоненциальная: $y = e^{b_0 + b_1 x} \cdot \varepsilon$.

Показательная: $y = b_0 \cdot b_1^x \cdot \varepsilon$

Логистическая: $y = \frac{b_0}{1 + b_1 e^{-b_2 x}}$

Обратная: $y = \frac{1}{b_0 + b_1 x}$.

Регрессии, нелинейные по параметрам

Нелинейная парная регрессия иногда может быть приведена к линейной:

1) логарифмированием:

$$\hat{y} = b_0 \cdot b_1^x \Rightarrow \ln \hat{y} = \ln b_0 + x \ln b_1;$$

$$\hat{y} = b_0 \cdot x^{b_1} \Rightarrow \ln \hat{y} = \ln b_0 + b_1 \ln x.$$

2) последовательной заменой величин и параметров:

$$\hat{y}_1 = a_0 + a_1 x;$$

$$\hat{y}_1 = a_0 + b_1 z;$$

3) и затем потенцированием для определения спецификации модели.

Примеры нелинейных по параметрам моделей, внутренне нелинейных

Не приводятся к линейному виду.

$$y = b_0 + b_1 x^{b_2};$$

$$y = 1 - \frac{1}{1 - x^b} \text{ и др.}$$

Коэффициент эластичности.

Для парной нелинейной регрессии рассчитывается как относительное изменение y к относительному изменению x :

$$\varepsilon = \left(\frac{dy}{y} \right) / \left(\frac{dx}{x} \right) = y'(x) \cdot \frac{x}{y}$$

Показывает, насколько изменится $y=f(x)$ при изменении x на 1%.

ЗАДАНИЯ К ТЕМЕ 1.2.

Задание 5. Оценка параметров нелинейных эконометрических моделей.

1. Скопировать Ваш файл предыдущей работы *ЭММ3.xls*. Сохранить его под именем *ЭММ4.xls*. Переименовать в копии лист *Пакет анализа* в *Линейная*.
2. Добавить лист «Гипербола». Скопировать данные y и x . Добавить новый заголовок $1/x$. Рассчитать данные в столбце $1/x$. Оценить линейную модель для данных y и $1/x$ на тот же лист. Написать краткие выводы.

3. Новый лист назвать «Парабола». Скопировать данные y и x . Добавить новый заголовок x^2 и рассчитать соответствующие значения. Оценить линейную модель для данных y и x^2 на тот же лист. Написать краткие выводы.
4. Новый лист назвать «Корень». Скопировать данные y и x . Добавить новый заголовок $x^{1/2}$. Оценить линейную модель для данных y и $x^{1/2}$ на тот же лист. Написать краткие выводы.
5. Назвать новый лист «Логарифм». Скопировать данные y и x . Добавить новый заголовок $\ln x$. Оценить линейную модель для данных y и $\ln x$ на тот же лист. Написать краткие выводы.
6. Для каждой модели рассчитать $\hat{y} = y_{оцен}$ и построить графики: корреляционное поле данных (x, y) и $(x, y_{оцен})$.
7. Сравнить линейную и нелинейные модели. Сформулировать выводы на листе *Сравнение*.
8. Результат сохранить в своей папке, копию отправить в папку \$control.

Задание 6. Оценка параметров нелинейных эконометрических моделей.

1. Скопировать Ваш файл предыдущей работы ЭММ4.xls. Сохранить его под именем ЭММ5.xls.
2. Назвать новый лист «Показательная». Скопировать исходные данные y и x . Добавить новый заголовок $\ln y$, рассчитать $\ln y$. Оценить линейную модель $\ln y = a_0 + a_1 x$ для данных $\ln y$ и x на тот же лист. Написать краткие выводы.
3. Добавить новый заголовок $\ln y_{оцен}$. Рассчитать $\ln y_{оцен} = a_0 + a_1 x$.
4. Добавить новый заголовок $y_{оцен}$. Рассчитать $\hat{y} = y_{оцен} = \text{EXP}(\ln y_{оцен})$.
5. Добавить новый заголовок $(y - y_{оцен})^2$. Рассчитать $(y - y_{оцен})^2$. Найти сумму этого столбца. Проанализировать ее значение (письменно).
6. Построить графики: корреляционное поле данных (x, y) и $(x, y_{оцен})$.
7. Назвать новый лист «Степенная». Скопировать данные y и x . Добавить новые заголовки $\ln y$ и $\ln x$, рассчитать $\ln y$ и $\ln x$. Оценить линейную модель $\ln y = a_0 + b_1 \ln x$ для данных $\ln y$ и $\ln x$ на тот же лист. Написать краткие выводы.
8. Добавить новый заголовок $\ln y_{оцен}$. Рассчитать $\ln y_{оцен} = a_0 + a_1 \ln x$.

9. Добавить новый заголовок $y_{оцен.}$. Рассчитать $\hat{y} = y_{оцен.} = \text{EXP}(\ln y_{оцен.})$
10. Добавить новый заголовок $(y - y_{оцен.})^2$. Рассчитать $(y - y_{оцен.})^2$. Найти сумму этого столбца. Проанализировать ее значение (письменно).
11. Построить графики: корреляционное поле данных (x, y) и $(x, y_{оцен.})$.
12. Переместить созданный ранее лист *Сравнение* в конец книги. Добавить на этот лист таблицу для сравнения данных:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Фамилия Имя	Дата					
2	Сравнение моделей						
3		F	t(b ₀)	t(b ₁)	R ²	SSE	
4	Линейная						
5	Гипербола						
6	Парабола						
7	Корень						
8	Логарифм						
9	Показательная						
10	Степенная						
11							

Заполнить эту таблицу (по образцу):

	A	B	C	D	E	F
1	Фамилия Имя	Дата				
2	Сравнение моделей					
3		F	t(b ₀)	t(b ₁)	R ²	SSE
4	Линейная	адекв.	не знач.	знач.	=Линейная!B17	=Линейная!C25
5	Гипербола	адекв.	знач.	знач.		
6	Парабола					
7	Корень					
8	Логарифм					
9	Показательная					
10	Степенная					
11						

13. Сделать общие выводы по построенным моделям, указать наилучшую из них (выписать эту модель), обосновать ее выбор (письменно).
14. Результат сохранить в своей папке, копию отправить в папку \$control.

Задание 7. Модель с фиктивными переменными.

Руководство компании исследует стоимость грузоперевозок (*ЦЕНА*, у.е.) в зависимости от расстояния (S , км), при этом сравниваются расценки трех фирм, предоставляющих транспортные услуги (А, В, С). Имеются статистические данные на грузоперевозки по 36 заказам:

Фирма	В	С	А	В	В	С	А	А	В
S	43	27	43	45	48	47	48	53	58
<i>ЦЕНА</i>	58	34	65	55	57	59	64	61	62

Фирма	С	В	В	А	С	С	В	А	С
<i>S</i>	19	30	23	21	56	45	43	38	37
<i>ЦЕНА</i>	28	40	41	56	62	50	45	58	46

Фирма	С	А	В	А	В	В	А	С	С
<i>S</i>	29	53	29	58	66	67	63	59	51
<i>ЦЕНА</i>	36	69	47	73	64	60	62	71	62

Фирма	А	С	А	А	В	С	В	С	А
<i>S</i>	67	63	33	33	42	67	33	23	28
<i>ЦЕНА</i>	70	71	52	63	48	71	46	25	55

1. Создать новую книгу Excel Фамилия_ЭММ6. Указать фамилию, группу, дату выполнения работы. Скопировать в эту книгу исходные данные и преобразовать в одну вертикальную таблицу. Отсортировать данные по фирмам, предоставляющим транспортные услуги.
2. Постройте корреляционное поле для переменных Цена и S, изображая точки, соответствующие различным фирмам, разными символами.
3. Оцените уравнение регрессии $\text{Цена} = b_0 + b_1 \cdot S + \varepsilon$. Что оно отражает? Оцените качество построенной регрессии (вывод).
4. Создайте два новых столбца D1 и D2. Присвойте им значения

$$D_1 = \begin{cases} 1, & \text{если фирма А,} \\ 0, & \text{в другом случае,} \end{cases} \quad D_2 = \begin{cases} 1, & \text{если фирма В,} \\ 0, & \text{в другом случае.} \end{cases}$$
5. Оцените уравнение регрессии
6. $\text{Цена} = b_0 + b_1 \cdot S + c_1 \cdot D_1 + c_2 \cdot D_2 + \varepsilon$,
7. где D1, D2 – фиктивные переменные, отражающие различие трех фирм. Дайте интерпретацию построенной регрессии. Оцените качество построенной регрессии (вывод).
8. Создайте два новых столбца S·D1 и S·D2.
9. Оцените уравнение регрессии
10. $\text{Цена} = b_0 + b_1 \cdot S + c_1 \cdot (S \cdot D_1) + c_2 \cdot (S \cdot D_2) + \varepsilon$.
11. Дайте интерпретацию построенного уравнения. Что выражается через произведения переменных (S·D1) и (S·D2)? Оцените качество построенной регрессии (вывод).
12. Оцените уравнение регрессии
13. $\text{Цена} = b_0 + b_1 \cdot S + c_1 D_1 + c_2 D_2 + c_3 \cdot S \cdot D_1 + c_4 \cdot S \cdot D_2 + \varepsilon$.
14. Оцените качество построенной регрессии (вывод). Дайте интерпретацию построенного уравнения. При необходимости постройте модель только со значимыми параметрами.

- 15.Какая из моделей предпочтительнее для выражения исследуемой зависимости и почему?
- 16.Нанесите на корреляционное поле графики, соответствующие различным фирмам, исходя из наилучшей модели (исходные и теоретические данные).
- 17.Выполненное задание скопировать в папку \$control

МОДУЛЬ 2. Множественный регрессионный анализ

Тема 2.1. Многофакторные модели.

Цель – научиться строить, оценивать и сравнивать модели с большим числом факторов, определять при этом влияние каждого из них в отдельности, а также совокупное их воздействие на моделируемый показатель.

Множественная регрессия – регрессия результативного признака с двумя или большим числом факторов, т. е. модель вида
$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_k).$$

Для выбора спецификации модели необходимо провести:

- 1) отбор факторов для построения модели;
- 2) выбор уравнения модели.

Требования к факторам модели:

- должны быть количественными (если факторы качественные, следует придумать для них количественные соответствия);
- не должна наблюдаться высокая корреляция (и тем более точная функциональная связь) между объясняющими факторами.

Отбор факторов для модели множественной регрессии

Факторы должны объяснять вариацию результативного признака. Долю объясненной ими вариации показывает коэффициент детерминации R^2 . Влияние других (не учтенных в модели) факторов оценивается как $1 - R^2$. Если в модель добавить еще один фактор, то коэффициент детерминации должен возрасти. Если же это не так, значит, добавленный фактор не улучшил модель и от него надо отказаться. (Лишние факторы приводят к статистической незначимости параметров регрессии по t-критерию Стьюдента.)

Обычно количество объясняющих факторов рекомендуют выбирать в 6-7 раз меньше, чем количество наблюдений. Иначе параметры уравнения регрессии и уравнение в целом будут статистически незначимы.

Мультиколлинеарность

Мультиколлинеарность – наличие высокой корреляции между объясняющими факторами (независимыми переменными).

Корреляция между факторами существует всегда; важно, чтобы она не была слишком сильной.

Факторы считаются мультиколлинеарными, если коэффициент их корреляции $|r_{x_i, x_j}| \geq 0,7$. Для их выявления рассчитывают матрицу парных корреляций (например, с помощью модуля *Корреляция* пакета анализа MS Excel).

Если модель построена с включением мультиколлинеарных факторов, в ней могут быть не соответствующие эконом. теории знаки или большие значения, все переменные могут оказаться незначимыми, а вся модель в целом при этом значимой и т.д.

Мультиколлинеарные факторы должны быть заменены, преобразованы или один из них исключен.

При этом выборе предпочтение отдается не тому фактору, который теснее связан с результативным признаком, а тому, который при тесной связи с результативным признаком наименее тесно связан с другими факторами.

Методы построения моделей множественной регрессии

- метод включения;
- метод исключения.

Метод включения: строится модель с одной объясняющей переменной. Затем добавляется еще один фактор, строится новая модель, и обе модели сравниваются. Если модель улучшилась, добавляют еще один фактор. Если модель ухудшилась – добавленный фактор заменяют на другой. После перебора различных комбинаций объясняющих факторов получают наилучшую модель.

Метод исключения: строится и исследуется модель со всеми факторами. Затем удаляется один фактор, строится и исследуется новая модель и сравнивается с предыдущей. Выбирается лучшая модель, и процесс продолжается. Для выбора удаляемого фактора:

- строится матрица парных коэффициентов корреляции;
- выбираются два фактора с наибольшим коэффициентом парной корреляции;
- из этих факторов выбирают тот, который имеет меньший коэффициент корреляции с результирующим признаком.

Сравнение моделей

- Если количество факторов в моделях одинаковое, то сравниваем *по коэффициенту детерминации*.
- Если в модели включено разное количество факторов, то сравниваем *по нормированному коэффициенту детерминации*.

Выбор уравнения модели

Модели множественной регрессии (так же как и парной регрессии) могут быть *линейными* и *нелинейными* – как по переменным, так и по параметрам. Для оценки некоторых нелинейных моделей их сводят к линейным (в том числе с помощью логарифмирования).

Часто используются линейная и степенная модели регрессии. Они позволяют дать хорошую интерпретацию коэффициентов регрессии.

Например, в линейной множественной регрессии

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n$$

параметр b_i при x_i характеризует среднее изменение результата y при изменении фактора x_i на единицу и при неизменном значении других факторов, закрепленных на среднем уровне.

Оценка построенной модели

Качество построенной модели оценивают по коэффициенту детерминации R^2 . Для линейной регрессии он совпадает с квадратом коэффициента множественной корреляции. Его корректируют, чтобы учесть влияние числа факторов в модели. *Скорректированный (нормированный) коэффициент детерминации:*

$$R_{adj}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - m - 1} = R^2 - \frac{m}{n - m - 1} (1 - R^2)$$

(n – число факторов, m – число наблюдений).

Значимость уравнения множественной регрессии в целом оценивают по критерию Фишера:

$$F_{\text{набл}} = \frac{R^2(n - m - 1)}{(1 - R^2)m}$$

Оценка значимости коэффициентов регрессии осуществляется (как и в парной регрессии) по t-критерию Стьюдента.

Для линейной регрессии параметр b_i при x_i показывает, на сколько единиц изменится величина зависимой переменной y при изменении значения i -й объясняющей переменной x_i на одну единицу при прочих равных условиях (все остальные объясняющие переменные равны своим средним значениям).

Пример. Исследовать для 12 муниципальных и частных автотранспортных предприятий зависимость чистой прибыли за год (Y) от количества автобусов (X_1 , шт.), маршрутных такси (X_2 , шт.) и формы собственности предприятия.

№ предприятия	Y	X ₁	X ₂	X ₃
1	13	23	9	муниципальное
2	22	28	8	частное
3	17	20	12	муниципальное
4	19	28	13	муниципальное
5	24	25	7	частное
6	33	27	20	частное
7	8	13	10	муниципальное
8	17	25	10	муниципальное
9	32	36	10	частное
10	21	23	17	частное
11	27	28	8	частное
12	20	23	10	муниципальное

Введем фиктивную переменную X₃: 0 – муниципальное АТП, 1 – частное АТП.

Проверим факторы на коллинеарность (для этого рассчитаем матрицу парных коэффициентов корреляции с помощью модуля *Корреляция* пакета анализа MS Excel):

	Y	X ₁	X ₂	X ₃
Y	1			
X ₁	0,805	1		
X ₂	0,291	-0,016	1	
X ₃	0,779	0,554	0,135	1

Ни один из коэффициентов корреляции между факторами не превышает по модулю 0,8, что свидетельствует об отсутствии коллинеарности. Можно попробовать построить трехфакторную модель.

С помощью Excel было получено уравнение линейной регрессии:

$$\hat{y} = -5,82 + 0,755 \cdot x_1 + 0,457 \cdot x_2 + 5,975 \cdot x_3;$$

И коэффициенты детерминации: $R^2 = 0,865$; $\tilde{R}^2 = 0,814$.

ЗАДАНИЯ К ТЕМЕ 2.1.

Задание 1. Многофакторные модели.

Задача 1 по теме «Многофакторные модели»

Застройщик оценивает стоимость группы небольших офисных зданий в традиционном деловом районе. Застройщик может использовать множественный регрессионный анализ для оценки цены офисного здания в заданном районе на основе следующих переменных.

Y – оценочная цена здания под офис (у.е.);

X₁ – общая площадь в квадратных метрах;

X₂ – количество офисов;

X3 – количество входов (0,5 входа означает вход только для доставки корреспонденции);

X4 – время эксплуатации здания в годах.

Предполагается, что существует линейная зависимость между независимыми переменными (X1, X2, X3 и X4) и зависимой переменной (Y).

1. Постройте матрицу коэффициентов корреляции, проверьте наличие или отсутствие мультиколлинеарности¹.

2. Определите коэффициенты линейного многофакторного уравнения регрессии. Определите значимость коэффициентов и адекватность модели.

3. Запишите вид этой зависимости. Поясните экономический смысл параметров модели.

4. Дайте оценку полученной модели на основе коэффициента детерминации.

Исходные данные показаны в таблице.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y
231	2	2	20	142000
233,3	2	2	12	144000
235,6	3	1,5	33	151000
237,9	3	2	43	150000
240,2	2	3	53	139000
242,5	4	2	23	169000
244,8	2	1,5	99	126000
247,1	2	2	34	142900
249,4	3	3	23	163000
251,7	4	4	55	169000
254	2	3	22	149000

¹ Мультиколлинеарность – это коррелированность двух или нескольких объясняющих переменных в уравнении регрессии. В результате высокоррелированные объясняющие переменные действуют в одном направлении и имеют недостаточно независимое колебание, чтобы дать возможность модели изолировать влияние каждой переменной. Проблема мультиколлинеарности возникает только в случае множественной регрессии.

Мультиколлинеарность особенно часто имеет место при анализе макроэкономических данных (например, доходы, производство). Получаемые оценки оказываются нестабильными как в отношении статистической значимости, так и по величине и знаку (например, коэффициенты корреляции). Следовательно, они ненадежны. Значения коэффициентов R² могут быть высокими, но стандартные ошибки тоже высоки, и отсюда t- критерии малы, отражая недостаток значимости.

Для устранения мультиколлинеарности может быть принято несколько мер:

- Увеличивают объем выборки по принципу, что больше данных означает меньшие дисперсии оценок МНК. Проблема реализации этого варианта решения состоит в трудности нахождения дополнительных данных.
- Исключают те переменные, которые высокоррелированы с остальными. Проблема здесь заключается в том, что возможно переменные были включены на теоретической основе, и будет неправомерным их исключение только лишь для того, чтобы сделать статистические результаты «лучше».

Задача 2 по теме «Многофакторные модели»

Провести исследование причин и выявить факторы, оказывающие наибольшее влияние на убытки предприятия от одного из его производств – выпуска халвы. Несущественные факторные признаки исключить обратным методом пошаговой регрессии.

Данные из бухгалтерского баланса предприятия за последние 30 месяцев:
(где $X1$ – процент реализации халвы (за месяц);

$X2$ – стоимость 1 тонны сырья, в частности, семечек (в грн.);

$X3$ – затраты на один рубль произведенной халвы (в грн.);

$X4$ – расход сырья (семечек) на одну тонну халвы (в долях);

$X5$ – стоимость электроэнергии (в грн.);

Y – соответственно убытки предприятия от данного производства)

№	Y	X1	X2	X3	X4	X5
1	50000	90,3	2600	0,77	0,689	0,58
2	58000	86,4	3000	0,873	0,699	0,58
3	65000	73,2	3900	0,898	0,71	0,58
4	66000	72,1	3900	0,89	0,7	0,58
5	67000	71,3	3900	0,89	0,71	0,59
6	68000	70,9	3900	0,89	0,72	0,6
7	69000	68,7	4000	0,9	0,73	0,6
8	70000	67	4100	0,9	0,74	0,6
9	71000	66	4150	0,9	0,75	0,6
10	72000	65	4160	0,9	0,76	0,6
11	73000	64	4170	0,89	0,77	0,61
12	75000	50,4	4180	0,89	0,78	0,62
13	80000	51,2	4200	0,9	0,79	0,77
14	79000	53,8	4300	0,89	0,8	0,78
15	83000	50,3	4400	0,88	0,81	0,79
16	85000	50	4500	0,9	0,82	0,8
17	79000	55,6	4600	0,88	0,83	0,8
18	83000	53,1	4700	0,88	0,84	0,81
19	86000	50,1	4800	0,89	0,85	0,81
20	89000	49,9	4900	1	0,86	0,83
21	90000	50,8	4900	1	0,87	0,84
22	91000	50,6	4900	1	0,88	0,86
23	90000	51,4	4900	1	0,89	0,9
24	91000	52,3	5000	1	0,9	1
25	93000	50	5000	1	0,9	1,1
26	100000	50	5100	1	0,9	1,1
27	100000	51,3	5200	1	0,9	1,1
28	100000	50	5300	1	0,9	1,1
29	110000	50	5400	1	0,9	1,1
30	110000	50	5500	1	0,9	1,1

Задание 2. Множественная регрессия.

Задание 2.1.

В таблице представлены данные о рынке строящегося жилья.

№ п/п	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	y
1	1	1	39,0	20,0	8,2	0	1	0	31,8
2	3	1	68,4	40,5	10,7	0	1	0	54
3	1	1	34,8	16,0	10,7	0	1	12	27
4	1	1	39,0	20,0	8,5	0	1	12	30,2
5	2	1	54,7	28,0	10,7	0	1	12	42,2
6	3	1	74,7	46,3	10,7	0	1	12	57,4
7	3	1	71,7	45,9	10,7	0	0	0	54,4
8	3	1	74,5	47,5	10,4	0	0	0	56,6
9	4	1	137,7	87,2	14,6	1	1	0	104,6
10	1	1	40,0	17,7	11,0	1	1	8	44
11	2	1	53,0	31,1	10,0	1	1	8	56
12	3	1	86,0	48,7	14,0	1	1	8	90
13	4	1	98,0	65,8	13,0	1	1	8	102
14	2	1	62,6	21,4	11,0	1	1	0	68,8
15	1	1	45,3	20,6	10,4	1	1	8	49,4
16	2	1	56,4	29,7	9,4	1	1	8	61,6
17	1	1	37,0	17,8	8,3	0	1	0	31,8
18	3	1	67,5	43,5	8,3	0	1	0	58
19	1	1	37,0	17,8	8,3	0	1	3	30,8
20	3	1	69,0	42,4	8,3	0	1	3	57,2
21	1	1	40,0	20,0	8,3	0	0	0	31,2
22	3	1	69,1	41,3	8,3	0	1	0	55,4
23	2	1	68,1	35,4	13,0	1	1	20	68,2
24	2	1	75,3	41,4	12,1	1	1	20	75,4
25	3	1	83,7	48,5	12,1	1	1	20	83,8
26	1	1	48,7	22,3	12,4	1	1	20	48,8
27	1	1	39,9	18,0	8,1	1	0	0	42,6
28	2	1	68,6	35,5	17,0	1	1	12	73,4
29	1	1	39,0	20,0	9,2	1	0	0	43
30	2	1	48,6	31,0	8,0	1	0	0	52,8
31	3	1	98,0	56,0	22,0	1	0	0	107,8
32	2	1	68,5	30,7	8,3	1	1	6	68,4
33	2	1	71,1	36,2	13,3	1	1	6	71,2
34	3	1	68,0	41,0	8,0	1	1	12	68
35	1	1	38,0	19,0	7,4	1	1	12	38
36	2	1	93,2	49,5	14,0	1	1	12	93,2

№ п/п	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	y
37	3	1	117,0	55,2	25,0	1	1	12	117
38	1	2	42,0	21,0	10,2	1	0	12	48,4
39	2	2	62,0	35,0	11,0	1	0	12	71,4
40	3	2	89,0	52,3	11,5	1	1	12	102,4
41	4	2	132,0	89,6	11,0	1	1	12	151,8
42	1	2	40,8	19,2	10,1	1	1	6	42,4
43	2	2	59,2	31,9	11,2	1	1	6	61,6
44	3	2	65,4	38,9	9,3	1	1	6	68
45	2	2	60,2	36,3	10,9	1	1	12	63,8
46	3	2	82,2	49,7	13,8	1	1	12	87,2
47	3	2	98,4	52,3	15,3	1	1	12	104,4
48	3	3	76,7	44,7	8,0	1	1	0	86,2
49	1	3	38,7	20,0	10,2	1	1	6	50
50	2	3	56,4	32,7	10,1	1	1	6	70,4
51	3	3	76,7	44,7	8,0	1	1	6	81,6
52	1	3	38,7	20,0	10,2	1	0	0	36,4
53	1	3	41,5	20,0	10,2	1	1	0	40,2
54	2	3	48,8	28,5	8,0	1	0	0	45,4
55	2	3	57,4	33,5	10,1	1	1	0	55,2
56	3	3	76,7	44,7	8,0	1	1	0	72
57	1	4	37,0	17,5	8,3	0	1	7	35,6
58	2	4	54,0	30,5	8,3	0	1	7	51,8
59	3	4	68,0	42,5	8,3	0	1	7	65,2
60	1	4	40,5	16,0	11,0	0	1	3	39,6
61	2	4	61,0	31,0	11,0	0	1	3	59,8
62	3	4	80,0	45,6	11,0	0	1	3	78,4
63	1	3	52,0	21,2	11,2	1	1	18	44,8
64	2	3	78,1	40,0	11,6	1	1	18	70,4
65	3	3	91,6	53,8	16,0	1	0	18	82,4
66	1	4	39,9	19,3	8,4	0	1	6	35,6
67	2	4	56,2	31,4	11,1	0	1	6	50
68	3	4	79,1	42,4	15,5	0	1	6	70,4
69	4	4	91,6	55,2	9,4	0	1	6	81,6

Принятые в таблице обозначения:

y – цена квартиры. тыс. долл.;

x_1 – число комнат в квартире;

x_2 – район города (1 – Приморский, Шувалово; 2 – Гражданка; 3 – Юго-Запад; 4 – Красносельский);

x_3 – общая площадь квартиры (m^2);

x_4 – жилая площадь квартиры (m^2);

x_5 – площадь кухни (m^2);

№ п/п	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	y
x_6 – тип дома (кирпичный / другой); x_7 – наличие балкона (есть / нет); x_8 – число месяцев до окончания срока строительства.									

Проведите необходимые расчеты и дайте **письменные** ответы на вопросы. Не забудьте указывать номера заданий.

1. Определите факторы, формировавшие цену квартир в строящихся домах. Сгенерируйте фиктивную переменную D , отражающую местоположение квартиры и позволяющую разделить всю совокупность квартир на *две* группы: квартиры на севере города (Приморский район, Шувалово, Гражданка) и на юге города (Юго-Запад, Красносельский район).

2. Составьте матрицу парных коэффициентов корреляции:

а) исходных переменных. Вместо переменной x_2 используйте фиктивную переменную D ;

б) логарифмов исходных переменных (кроме фиктивных переменных).

3. Постройте два уравнения регрессии, характеризующие зависимость цены от *всех* факторов – в линейной и степенной форме. Установите, какие факторы мультиколлинеарны. В какой модели мультиколлинеарность проявляется сильнее?

4. На листе Постройте модель $y = f(x_3, x_6, x_7, x_8, D)$ в линейной и степенной форме.

5. На том же листе сделайте выводы (письменно):

а) какие факторы значимо воздействуют на формирование цены квартиры в этой модели?

б) Существует ли разница в ценах квартир, расположенных в северной и южной частях города? Если да, то какая?

в) является ли наличие балкона или лоджии преимуществом квартиры на рынке? Как Вы объясните этот факт?

6. Ниже выводов сделайте прогноз на стоимость квартиры в каждой части города: общая площадь – 64 кв.м, жилая площадь – 42 кв.м, площадь кухни – 9 кв.м, в кирпичном доме и при наличии балкона.

Задание 2.2.

Постройте модель динамики развития солидарной пенсионной системы Украины. (Все выводы по модели – письменно, в том числе обоснование выбора экзогенных переменных)

На ее основе сформируйте прогноз на один год таких ее индикаторов: средний размер пенсии, доходы и расходы ПФУ.

t	Pt	PPFt	CPFt	NPt	AEt	GDPt	GDP1t	NPFt	RRPPt
1991	0,001	0,34	0,285	13100	0,005	2,99	0,06	0,055	0,22
1992	0,005	5,08	3,978	13600	0,065	50,33	0,97	1,105	0,08
1993	0,097	133,6	123,2	14200	0,163	1483	28,42	10,4	0,60
1994	2,921	998,9	892,8	14500	14,28	12038	231,8	106,1	0,20
1995	11,56	4409,1	4312,0	14500	73,0	54516	1058	97,1	0,16
1996	38,70	7539,7	7572,7	14488	126,0	81519	1595	-33,0	0,31
1997	51,90	9614,2	9530,6	14487	143,0	93365	1842	83,6	0,36
1998	52,20	9749,2	9702,2	14535	153,0	102593	2040	47,0	0,34
1999	60,70	12038,4	12067,7	14520	178,0	130442	2614	-29,3	0,34
2000	68,90	15425,4	14293,0	14530	230,0	170070	3436	1132,4	0,30
2001	83,70	18823,1	18068,5	14447	311,0	204190	4195	754,6	0,27
2002	122,5	21732,3	22834,7	14423	376,0	225810	4685	-1102,4	0,33
2003	136,6	26786,2	24452,6	14376	462,0	267344	5591	2333,6	0,30
2004	182,2	39869,1	39245,7	14348	590,0	345113	7273	623,4	0,31
2005	316,2	65733,3	64064,9	14065	806,0	441452	9372	1668,4	0,39
2006	406,8	72197,1	74007,5	14050	1041,0	544153	11630	-1810,4	0,39
2007	478,4	101379,8	99940,5	13937	1351,0	720731	15496	1439,3	0,35
2008	751,4	143488,2	150349,1	13819	1806,0	948056	20495	-6860,9	0,42
2009	898,4	148372,7	165590,0	13750	1906,0	913345	19832	-17217	0,47
2010	999,0	157900,0	192300,0	13721	2239,0	951705	20789	-34400	0,45

Здесь P_t – средний размер месячной пенсии пенсионерам, которые находятся на учете в органах ПФУ, грн.; RRP_t – ставка замещения; PPF_t – доходы ПФУ, млн. грн.; CPF_t – расходы ПФУ, млн. грн.; NP_t – дефицит / профицит ПФУ; NP_t – количество пенсионеров, тыс. человек; AEt – среднемесячная заработная плата, грн.; Et – среднемесячное количество занятого населения в возрасте 15-70 лет, тыс. человек; K_p / e_t – коэффициент экономической нагрузки на занятых пенсионеров, %; GDP_t – ВВП, млн. грн.; GDP_{1t} – ВВП на душу населения, руб.; CPI_{t-1} – индекс инфляции (индекс потребительских цен) t – время, год; FPW_t – фонд оплаты труда, млн. грн.; IT – средняя ставка страхового взноса в ПФУ.

Тема 2.2. Особые случаи

Условия применимости регрессивного анализа (Гаусса-Маркова):

- регрессивная модель линейна по коэффициентам и содержит аддитивную случайную составляющую;
- случайная составляющая имеет нулевое среднее значение;
- объясняющие переменные не коррелированы со случайной составляющей;
- значения случайной составляющей не коррелированы друг с другом;
- случайная составляющая имеет нулевую дисперсию;
- объясняющие переменные не являются линейными функциями других объясняющих переменных;
- случайная составляющая чаще всего распределена нормально.

Гомоскедастичность – постоянство дисперсии случайной составляющей, независимо от наблюдения. Нарушение этого условия называется гетероскедастичностью.

Различают истинную и ложную (смешанную) гетероскедастичность.

Ложная гетероскедастичность возникает при неверной спецификации модели, в случае не включения в неё существенно влияющих переменных.

Тестирование моделей на гетероскедастичность является одной из необходимых процедур при построении регрессионных моделей. Гетероскедастичность приводит к неэффективности оценок, полученных с помощью метода наименьших квадратов. В этом случае оказывается смещённой и несостоятельной классическая оценка ковариационной матрицы МНК-оценок параметров и статистические выводы о качестве полученных оценок могут быть неадекватными. При обнаружении гетероскедастичности чаще всего следует переопределить переменные.

Тест ранговой корреляции Спирмена.

Предполагается, что дисперсия случайного члена будет либо увеличиваться, либо уменьшаться по мере увеличения фактора x , и поэтому в регрессии, оцениваемой с помощью МНК, абсолютные величины остатков e и значения x будут коррелированы.

Алгоритм теста:

1. Данные по x упорядочиваются по возрастанию, каждому значению x порядковый номер – ($rang\ x$).

2. Рассчитывается уравнение регрессии и вычисляются остатки (разность между фактическими и расчётными значениями результативных признаков).

3. Выборка снова упорядочивается по величине остатков. Рассчитывается ранги (порядковый номер) остатков.

4. Рассчитывается коэффициент ранговой корреляции Спирмена между рангами фактора x и остатков e .

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена - это количественная оценка статистического изучения связи между явлениями, которая показывает, как отличается полученная при наблюдении сумма квадратов разностей между рангами от случая отсутствия связи.

$r_{x,e} = 1 - 6 \frac{\sum D_i^2}{n^3 - n}$, где D_i – разность рангов x и e , n – количество наблюдений в выборке.

5. Найденный коэффициент ранговой корреляции проверяется на значимость. Для этого вычисляется статистический критерий:

, где k – число объясняющих переменных в задаче.

6. $t_{\text{факт}}$ сравнивается с $t_{\text{табл}}$, которое:

берется из специальной таблицы «распределение Стьюдента» и находится на пересечении чисел $\gamma = 0,95$ или $\alpha = 0,05$ и $(n - k - 1)$ (см., например, <http://dmo.econ.msu.ru/Teaching/ru/stat/Student.htm>.

или вычисляется встроенной функцией *Excel* – =СТЮДЕНТ.ОБР(γ ; $n - k - 1$).

Если $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, то коэффициент корреляции значим, и в исследуемой модели присутствует гетероскедастичность.

Тест Голдфельда–Кванта.

В предположении о пропорциональности дисперсий отклонений значений X , все n наблюдений упорядочиваются по величине X и разбивается на три подвыборки размерностей. Оцениваются отдельные регрессии для первой и третьей подвыборок. Если предположение верно, то дисперсия регрессии по первой подвыборке будет существенно меньше дисперсии регрессии по третьей подвыборке.

Для сравнения соответствующих дисперсий строится соответствующая F-статистика:

$$F = \frac{S_3}{S_1}, \text{ где } S_{1,2} \text{ – суммы квадратов соответствующих остатков.}$$

Если полученное значение больше табличного значения критерия Фишера (с выбранным уровнем значимости, например, 0,05), то гипотеза об отсутствии гетероскедастичности отклоняется.

ЗАДАНИЯ К ТЕМЕ 2.2.

Задание 4. Гомо- и гетероскедастичность.

Задание 4.1. Тест Гольдфельда–Квандта.

Дана таблица для оценки зависимости уровня продаж торговых точек – X от численности потенциальных покупателей – Y . Требуется по методу Гольдфельда–Кванта проверить модель на гетероскедастичность

Доход, грн – X	Численность потенциальных покупателей, чел. – Y
215838	195132
475464	202752
197158	249978
610075	165747
764135	147550
182518	242420
494200	694045
482793	251220
196992	417200
216104	151408
579152	267684
493713	831660
316692	185853
307704	200882
309972	118386
635150	419700
667020	343480
501372	449682
487544	286930
403782	740420
305874	458080
548110	158799
749420	814000
196776	118002
281582	380480
405040	147600
279034	567830
345708	388250
546996	467688
210134	250248
547488	919765
234292	302285
490614	325325

Решение

1. Упорядочьте данные по возрастанию переменной Численность проживающих.
2. Выберите число C центральных наблюдений переменной и исключите их из выборки. Число C принимают от одной четвертой до одной трети общего числа наблюдений. Выберите, например, число $C=9$.
3. Исключите девять центральных наблюдений, оставив две выборки по двенадцать наблюдений.
4. Для полученных выборок постройте уравнения регрессии, найдите остатки и рассчитайте из суммы квадратов.
5. Рассчитайте значение критерия F .
6. Сравните полученное значение с табличным значением критерия Фишера с уровнем значимости 0,05 используя функцию *Excel* $FРАСПОБР()$.
7. Сделайте вывод о наличии гомоскедастичности ошибок модели.

Задание 4.2. Тест Спирмена

1. На листе *Excel* Тест Спирмена по тем же исходным данным проверить наличие гетероскедастичности для того же фактора с помощью теста ранговой корреляции Спирмена.
2. Для определения табличного значения t -критерия Стьюдента используйте функцию *Excel* $СТЬЮДРАСПОБР()$.

МОДУЛЬ 3. Моделирование динамических процессов

Тема 3.1. Автокорреляция.

Временной ряд – это совокупность значений какого-либо показателя за несколько последовательных моментов (периодов) времени.

Каждый уровень временного ряда можно считать сформированным из трех компонент: трендовой (T), циклической (S) и случайной (E).

Аддитивная модель временного ряда: $Y(t) = T(t) + S(t) + E(t)$.

Мультипликативная модель временного ряда: $Y(t) = T(t) \cdot S(t) \cdot E(t)$.

Выделение циклической компоненты осмысленно в случае подверженности данных циклическим (недельным, месячным, квартальным, годовым и т. п.) колебаниям. Циклическую компоненту часто называют **сезонной**. Обычно сезонную компоненту рассчитывают и исключают из ряда (т. е. ряд корректируют на сезонность), а затем выявляют тенденцию, т. е. трендовую компоненту. При построении прогноза сначала находят точечный прогноз трендовой компоненты, а затем применяют сезонную поправку. Точечный прогноз случайной компоненты в аддитивной модели принимается равным нулю.

Четыре способа моделирования сезонности:

- авторегрессионная модель (регрессия ряда на самого себя с лагом);
- модель с фиктивными переменными;
- модель скользящего среднего - аддитивная модель;
- модель скользящего среднего - мультипликативная модель.

Автокорреляция уровней временного ряда – это корреляционная зависимость между последовательными уровнями временного ряда.

Коэффициент автокорреляции порядка τ – это коэффициент корреляции между рядами y_t и $y_{t-\tau}$:

$$r_\tau = \frac{\text{cov}(y_t, y_{t-\tau})}{\sqrt{\text{var}(y_t) \text{var}(y_{t-\tau})}}$$

Число периодов τ , по которым рассчитывается коэффициент автокорреляции, называется лагом.

Задание 1. Временной ряд.

Имеются данные об объемах потребления электроэнергии жителями региона (Y_t) за 16 кварталов:

№ квартала	Y_t						
1	6,0	5	7,2	9	8,0	13	9,0
2	4,4	6	4,8	10	5,6	14	6,6
3	5,0	7	6,0	11	6,4	15	7,0
4	9,0	8	10,0	12	11,0	16	10,8

1. Постройте график исходных данных.

Имеется ли, на Ваш взгляд, восходящая или нисходящая тенденция? Имеются ли явно выраженные колебания объема продаж в зависимости от квартала?

2. Добавьте линию линейного тренда, отобразите уравнение тренда и коэффициент детерминации.

3. Получите уравнение линейной регрессии с помощью надстройки Анализ данных.

4. Выпишите оцененное уравнение. Проверьте значимость уравнения и параметров.

5. Проинтерпретируйте параметры (с оговоркой на значимость или незначимость).

Задание 2. Авторегрессионная модель

1. Постройте авторегрессионную модель (регрессию ряда на самого себя с лагом).

2. Для этого рассчитайте значения автокорреляционной функции АСФ временного ряда (т.е. коэффициенты корреляции между уровнями ряда и их предшествующими значениями с лагом 1, 2...). (Подсказка. Можно использовать Пакет анализа либо функцию Excel). Постройте коррелограмму (график функции АСФ).

3. Найдите наибольшее по модулю значение и постройте для соответствующего ему лага линейную регрессию. Оцените значимость коэффициента и регрессии в целом.

4. Постройте на диаграмме графики исходного и смоделированного ряда данных. Оцените визуально, удовлетворительно ли модель описывает данные?
5. Сделайте вывод о качестве построенной модели.

Задание 3. Фиктивные переменные

1. Постройте модель с сезонностью вида:

$$y = c + b_0t + b_1d_1 + b_2d_2 + b_3d_3 + e,$$

где d_i – фиктивная переменная, принимающая значение 1, если наблюдение относится к i -му кварталу, и 0 в противном случае ($i = 1, 2, 3, 4$).

2. Оцените эту модель, предварительно добавив фиктивные переменные d_1, \dots, d_4 .

Excel должен выдать результаты, указывающие на ошибку, т.к. в модели присутствует полная мультиколлинеарность:

$$d_1 + \dots + d_4 = 1 = \text{const.}$$

3. Удалите из модели одну из переменных d_i и оцените эту модель

4. Выпишите оцененное уравнение регрессии. Проверьте его значимость (в целом и по отдельным параметрам). Если есть незначимый фактор, исключите его из уравнения и переоцените регрессию. Постройте и оцените визуально график остатков. Сделайте вывод о качестве построенной модели.

5. На основе последней оцененной модели выпишите четыре уравнения – отдельно для каждого квартала. Учитывая 95%-е доверительные интервалы для коэффициентов регрессии, сделайте вывод о том, в какие кварталы потребление больше.

6. Постройте прогноз на следующие два квартала.

Задание 4. Скользящее среднее

1. Сгладьте ряд скользящим средним с лагом 4.

2. Получите скорректированные оценки сезонных компонент отдельно для каждого квартала.

3. Исключите сезонную компоненту и постройте линейную регрессию для трендовой компоненты.

4. Выпишите итоговое уравнение регрессии. С его помощью постройте прогноз на следующие 2 квартала.

СПИСОК УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Базовая

1. Михайленко С. В. Оптимизационные методы и модели : учеб. пособие для самостоят. изучения дисциплины / С. В. Михайленко, Е. В. Свищева ; Нар. укр. акад., [каф. информ. технологий и математики]. – Харьков : Изд-во НУА, 2012. – 184 с.
2. Кузьменко О. В. Економіко-математичні методи та моделі (економетрика): навч. посіб. / О. В. Кузьменко. – Суми : Унів. кн., 2014. – 405 с.
3. Економетрика : навч. посіб. / О. Є. Лугінін, В. М. Фомішина, О. М. Дудченко [та ін.]. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 320 с.
4. Доля В. Т. Економетрія : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. за спец. з екон. і менедж. / В. Т. Доля ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 171 с.

Дополнительная

5. Доугерти К. Введение в эконометрику : [пер. с англ.] / К. Доугерти. – М.: Инфра-М, 2009. – 479 с.
6. Практикум по эконометрике / под ред. И. И. Елисеевой. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 192 с.
7. Єгоршин О. О. Лабораторний практикум з економетрики навчальної дисципліни "Економіко–математичні методи та моделі" [навч.–практ. посібник] / О. О. Єгоршин, Л. М. Малярець. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2011 – 148 с.
8. Економетрика : метод. вказівки для самост. роботи / уклад. С. І. Бегун. – Луцьк : Вид-во ПП Іванюк В.П., 2014. – 60 с.
9. Малярець Л. М. Эконометрика в примерах и задачах для иностранных студентов : учеб. пособие / Л. М. Малярець, Э. Ю. Железнякова, Л. А. Норик. – Харьков : Изд-во ХНЭУ им. С. Кузнеця, 2014. – 268 с.

Приложение 1. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Среднее арифметическое:
$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}.$$

Дисперсия:
$$D(x) = \sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

где \bar{x} – среднее арифметическое ряда; n – количество наблюдений.

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}.$$

Коэффициент вариации:

$$V = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \times 100\%.$$

Коэффициент ковариации:

$$\text{cov}(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}).$$

Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{D(X) \cdot D(Y)}}.$$

Общий вид эконометрической модели:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_p, \varepsilon),$$

где y – зависимая, или эндогенная переменная; x_1, x_2, \dots, x_p – независимые, или экзогенные переменные, определяющие поведение y ; ε – случайная ошибка для генеральной совокупности.

Обобщенная линейная регрессионная модель:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon,$$

где $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ – оцениваемые параметры модели.

Выборочная линейная регрессионная модель:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_p x_p + e.$$

где b_0, b_1, \dots, b_p – оценки неизвестных параметров обобщенной регрессионной модели, e – случайная ошибка для выборки.

Однофакторная выборочная линейная регрессионная модель

$$y = b_0 + b_1 x + e,$$

где e – нормально распределенная случайная величина с параметрами $(0,1)$.
Оценка параметров, вычисленных методом наименьших квадратов:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x^2},$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}$$

Коэффициент детерминации (R^2) характеризует степень близости корреляционной связи к точной, функциональной. Вычисляется по формуле:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST},$$

где $SSR = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2$, $SST = \sum (y_i - \bar{y})^2$.

Для оценки адекватности принятой эконометрической модели экспериментальным данным используем F -критерий Фишера. Для определения расчетного значения коэффициента детерминации и критерия Фишера создадим блок промежуточных вычислений.

F -тест Фишера для проверки регрессионной модели на адекватность:

$$F_{1,n-2} = \frac{MSR}{MSE} = \frac{SSR/1}{SSE/(n-2)} = (n-2) \frac{SSR}{SSE}.$$

Проверка модели на адекватность с помощью F -критерия Фишера предусматривает выполнение определенных этапов:

1. На первом этапе рассчитаем величину F - отношения для парной регрессии:

$$F = (n-2) \frac{SSR}{SSE},$$

где $SSR = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2$, $SSE = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$.

2. На втором этапе задаем уровень значимости α (или $\alpha \cdot 100\%$). Например, если мы считаем, что возможная ошибка α для нас будет 0,05 (или 5 %), это означает, что мы можем ошибиться не больше чем в 5 % случаев, а в 95 % случаев наши выводы будут правильными.

3. На третьем этапе по статистическим таблицам F - распределения Фишера с $(1, n - 2)$ степенями свободы и уровнем значимости α находим критическое значение ($F_{кр.}$).
4. Если рассчитанное нами значение $F > F_{кр.}$, то мы отбрасываем гипотезу $H_0: \beta_1 = 0$ (или $\hat{y}_i = \bar{y}$) с риском ошибиться не больше чем в 5 % случаев. Поэтому, если $F > F_{кр.}$, то построенная нами регрессионная модель адекватна реальной действительности.

t-тест Стьюдента для проверки значимости параметров:

$$t_{n-2} = \frac{b_i}{\sigma_{b_i}}, \quad i = 0, 1,$$

$$\sigma_{b_0} = \frac{\sigma_\varepsilon}{\sqrt{n-2}}, \quad \sigma_{b_1} = \frac{\sigma_\varepsilon}{\sqrt{n-2} \cdot \sigma_x}.$$

t-тест Стьюдента для проверки значимости коэффициента корреляции:

$$t_{n-2} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}.$$

Чтобы оценить значимость коэффициента корреляции с помощью t -статистики Стьюдента сначала нужно сформулировать нулевую гипотезу о том, что зависимости нет. Для проверки гипотетической линейной зависимости между x и y справедлива следующая процедура:

1. Вычислить t – статистику для r :

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}.$$

2. Выбрав уровень значимости (например, 5 %), найти критическое значение $t_{кр.}$ с $(n - 2)$ степенями свободы.

3. Если величина t превышает его критическое значение (в положительную или отрицательную сторону), отклонить нулевую гипотезу и сделать заключение, что найдена линейная зависимость (прямая или обратная).

4. Для парной линейной регрессии **эластичность** определяется следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{dy/dx}{\hat{y}/x} = \frac{b_1}{\hat{y}/x} = \frac{b_1 x}{\hat{y}}.$$

В этом случае значение эластичности в любой точке будет зависеть не только от значения b_1 , но и от значений x и y в данной точке. Эластичность показывает, на сколько процентов изменится показатель, если фактор изменится на один процент.

Нелинейная однофакторная регрессия

Основные типы кривых:

экспоненциальная: $y = \alpha \cdot e^x$,

степенная: $y = \alpha \cdot x^\beta$,

обратная: $y = b_0 + b_1 \frac{1}{x}$,

квадратичная: $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$,

модифицированная экспонента: $y = \alpha \cdot \beta^x + \gamma$,

кривая Гомперца: $y = e^{\alpha \beta^x + \gamma}$,

логистическая кривая: $y = \frac{1}{\alpha \beta^x + \gamma}$.

Формы экспоненциальной кривой:

$y = \alpha \cdot \beta^x$, основная форма $\beta > 0$.

$y = \alpha \cdot e^{b_1 x}$, β заменяем на e^{b_1} , где $b_1 = \ln \beta$.

$y = \alpha(1-r)^x$, β заменяем на $(1-r)$, где $r = \beta - 1$.

$y = e^{b_0 + b_1 x}$, α заменяем на e^{b_0} , β на e^{b_1} , где $b_0 = \ln \alpha$, $b_1 = \ln \beta$.

$y = 10^{b_0 + b_1 x}$, α заменяем на 10^{b_0} , β на 10^{b_1} , где $b_0 = \log \alpha$, $b_1 = \log \beta$.

Преобразования для экспоненциальной кривой:

$y = \alpha \cdot \beta^x$, $\ln y = \ln \alpha + x \ln \beta$.

$y = \alpha \cdot e^{b_1 x}$, $\ln y = \ln \alpha + x b_1$.

$y = \alpha(1-r)^x$, $\ln y = \ln \alpha + x \ln(1-r)$.

$y = e^{b_0 + b_1 x}$, $\ln y = b_0 + b_1 x$.

$y = 10^{b_0 + b_1 x}$, $\log y = b_0 + b_1 x$.

Преобразования для степенной функции:

$y = \alpha \cdot x^\beta$, $\ln y = \ln \alpha + \beta \ln x$.

Преобразования для обратной функции:

$y = b_0 + b_1 \frac{1}{x}$, $y = b_0 + b_1 z$.

Преобразования для квадратичной функции:

$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$, $y = b_0 + b_1 z_1 + b_2 z_2$.

Приложение 2.

Валовый внутренний продукт И Потребительские расходы, 1970-2013

(млрд. долл., в ценах 1970 г.)

(<http://www.be5.biz/makroekonomika/index.html>)

Год	США		Китай		Япония		Германия		Великобритания		Франция	
	ВВП	ПР	ВВП	ПР	ВВП	ПР	ВВП	ПР	ВВП	ПР	ВВП	ПР
1970	1075,9	901,9	91	59,3	209,1	124	215	154,8	129,7	100,1	148,9	106,4
1971	1167,8	923,4	98,1	62,9	236,2	134,1	249	162,6	146,7	104,5	166,6	112,7
1972	1282,4	964,8	111,6	66,4	312,7	147	298,7	171,8	168,6	110,4	204,3	117,6
1973	1428,5	1001,4	136,1	70,6	424,9	158,4	396,9	180,6	190,3	117	265,4	124,2
1974	1548,8	1012,2	141,5	72,8	471,6	161,1	443,6	185,1	205,6	118,2	286,5	131,1
1975	1688,9	1028,6	160,3	76,8	512,9	176,3	488,8	192,2	245,7	116,6	362	133,7
1976	1877,6	1071,6	150,9	80,3	576,4	183,5	517,8	200,1	236,1	118,4	373,4	140,1
1977	2086	1110,5	171,5	83	709,4	192	598,2	207,5	266,7	117,8	411,5	145,1
1978	2356,6	1153,5	214,2	89,1	996,7	201,4	737,7	212,4	337,9	122,1	508,2	151
1979	2632,1	1183,9	263,2	99,3	1037,5	215,6	878	221,9	439,2	126,9	615,9	156,6
1980	2862,5	1204,2	306,5	109	1087	222,6	946,7	228,5	563,3	125,8	703,5	161,3
1981	3211	1217,3	293,9	117,6	1201,5	230	797,4	232,9	535,3	126,9	617,6	167,7
1982	3345	1230,9	295,4	127	1116,8	242,6	773,6	230,8	510,3	129,2	586,8	173,4
1983	3638,1	1298,3	314,6	140,6	1218,1	253,4	767,8	234	484	134,8	561,9	175,3
1984	4040,7	1365,2	317,4	160,6	1294,6	261,6	722,4	239,4	456,1	137,5	532,7	178,3
1985	4346,7	1445,4	309,1	182,5	1384,5	273,2	729,8	242,9	482,6	141	555,2	182,5
1986	4590,2	1511,1	304,3	195,6	2051,1	279,8	1042,3	243,4	592,9	148,9	774,6	184,8
1987	4870,2	1568,7	329,9	213,7	2485,2	292,9	1293,3	248,9	728,2	156	938,3	190,7
1988	5252,6	1626,7	413,4	239,2	3015,4	307,6	1395,9	255,7	884,8	165,4	1023,5	196
1989	5657,7	1678,9	459,8	251	3017,1	321,5	1393,7	262,6	893,4	169	1030,1	202,1

Год	США		Китай		Япония		Германия		Великобритания		Франция	
1990	5979,6	1728	404,5	252,6	3103,7	338,8	1764,9	272,1	1059,6	168,8	1275,3	207,9
1991	6174	1736,5	424,1	275,4	3536,8	348	1861,9	283,3	1108,5	169,5	1275,5	211
1992	6539,3	1795,5	499,9	314,6	3852,8	356,9	2123,2	291,3	1149,9	172,5	1408,7	216,2
1993	6878,7	1840,9	641,1	340,6	4415	364,2	2068,5	291,3	1036,2	177,2	1330,2	218,8
1994	7308,8	1897,5	582,7	378,3	4850,3	374,8	2205,9	297,1	1122,6	182	1401,6	222,3
1995	7664,1	1946,9	757	418,9	5333,9	385,2	2590,3	301,5	1235,6	183	1609,8	226,1
1996	8100,2	2009,5	892	469,5	4706,2	397,4	2501,6	306,8	1304,6	187,6	1614,3	231,3
1997	8608,5	2078	985	510,8	4324,3	403,3	2215,9	310,9	1438,7	193,8	1460,7	233,7
1998	9089,2	2171,8	1045,2	557,1	3914,6	401,8	2239,9	314,1	1529,1	202,5	1510,8	239,1
1999	9660,6	2286	1100,8	614	4432,6	410,2	2196,6	322,4	1558,4	212,6	1500,2	246,3
2000	10284,8	2400,4	1192,8	679,3	4731,2	418,1	1947,2	331,9	1548,6	220,6	1368,4	255,8
2001	10621,8	2465,3	1317,2	725	4159,9	428,8	1947,9	337,9	1529,2	229,1	1382,2	261,3
2002	10977,5	2539,7	1455,6	768	3980,8	436,6	2076,4	336,9	1674,4	236,6	1500,4	265,7
2003	11510,7	2623,3	1650,5	806	4302,9	442,5	2502,2	338,7	1943,8	246,7	1848,1	270,4
2004	12274,9	2714,5	1944,7	848,8	4655,8	450,5	2815,6	339,1	2298,1	254,6	2124,2	277,1
2005	13093,7	2795,9	2287,2	920,7	4571,9	459,9	2857,6	342,9	2412,1	261,9	2203,6	283,2
2006	13855,9	2870,8	2793,2	993,8	4356,7	467,3	2998,5	350,2	2582,8	268,3	2324,9	288,5
2007	14477,6	2938,3	3504,4	1108,5	4356,3	473,6	3435,5	350,3	2963,3	274,3	2663	293,5
2008	14718,6	2988,4	4547,3	1189,7	4849,2	477,4	3747,1	356,5	2791,9	277,6	2923,6	295,9
2009	14418,7	2947,5	5105,5	1298,7	5035,1	469,4	3412,8	353,6	2308,9	272	2693,7	296,3
2010	14964,4	3011	5949,8	1423,8	5495,4	485,2	3412	360,2	2407,9	274,3	2646,8	301,6
2011	15517,9	3056,3	7314,4	1585,9	5905,6	493,5	3752,1	369,6	2591,8	275,7	2862,7	305,5
2012	16163,2	3087,8	8229,4	1752,2	5937,9	503,7	3533,2	372,8	2614,9	279,1	2686,7	306,1

Год	Бразилия		Италия		Канада		Индия		Австралия		Испания	
	ВВП	ПР	ВВП	ПР	ВВП	ПР	ВВП	ПР	ВВП	ПР	ВВП	ПР
1970	35,2	28,1	113,1	84	87,8	66,9	61,5	55	45,2	30,6	39,8	29,1
1971	39,3	31,6	124,3	87,3	99,1	69,7	65,9	56,9	50,5	32,2	45,2	30,6
1972	50,6	35,3	144,8	91,6	112,9	73,5	71,7	56,3	59,4	33	57,4	32,8
1973	71,7	39,6	175	97,2	131,1	76,5	85,5	56,8	85,8	33,8	76,3	35,2
1974	91,9	44	199	100,7	160,2	78,3	96,6	58,8	102,3	36,6	94,4	37,8
1975	108,1	44,4	227	101,2	173,6	82,9	100,4	62	109,1	38,1	111,3	38,3
1976	127,7	49,8	224,1	106,2	206,3	86,4	101,2	61,3	117,5	39,8	115	40,8
1977	148,7	51,7	256,8	108,9	211,3	90,6	117,4	66	116,5	40,9	128,5	41,7
1978	168,8	54	314,1	111,4	218,3	94,2	135,8	70,1	135,9	41,7	155,8	41,9
1979	186,1	58,2	392,5	118,9	242,7	95,3	150,3	66	150,4	42,4	208,2	42,5
1980	191,1	67,1	475,8	125,4	273,4	97,6	184,8	71,7	173,5	44,3	225,8	44,5
1981	225,6	58,6	429,4	128,8	305,7	99,8	197,1	74,9	202,1	45,8	196,7	45,3
1982	238,8	61	426	129,7	313,4	100	201,2	77,5	192,1	47,1	190,1	45,8
1983	170,4	61,3	441,7	130,6	340,3	103,1	219,6	83,8	192,6	47,7	165,8	46,4
1984	175,5	62,7	436,6	134,6	353,9	107,3	217,5	86,7	206,6	49,5	167	46,3
1985	187,4	64,9	450,9	138,6	363	113,6	226,5	89,4	182,2	52,3	175,4	47,4
1986	225,3	72,4	638,5	142	375,7	118,9	248,1	95	191,6	53,9	243,8	48,3
1987	247,1	71,1	803,4	147,5	429	122,6	274,6	98,8	228	55,1	309,2	51,3
1988	276	68,7	888,9	153,5	506	126,8	303,8	105,7	288,7	56,1	364,9	53,3
1989	375,5	70,8	925,9	159,3	563,6	131,1	300,7	109,7	320	59	402,4	56,4
1990	402,1	74,6	1177,8	161,5	592	135	326,8	113,2	323,8	61,5	520,5	58,4
1991	374,2	79,5	1242,5	164,8	608,2	137,2	289,7	113,6	329,6	63,8	559,9	60,4
1992	358,4	78,3	1316,3	167,8	590,1	139,8	290,9	118	326,1	65,8	612	62,2
1993	402,2	81,1	1061,8	165	574,8	142,2	284	123,6	317,3	67,6	509,4	61,9

Год	Бразилия		Италия		Канада		Индия		Австралия		Испания	
1994	573,7	85,6	1096	168,2	576	144,8	325,3	129,7	362,6	70	514,7	62,8
1995	769	91,5	1171,3	169,9	602	145,5	369,2	137,8	392,3	72,4	596,2	63,8
1996	839,7	94,9	1309,5	171,7	627	147,3	389,2	150,7	435,8	74,5	622,1	65,1
1997	871,2	98,1	1239,5	176,4	651	153,1	422,6	155,9	437,2	78,2	572,5	67
1998	843,8	98,4	1266,8	180,4	631,4	159,8	425,3	169,7	389,8	83,1	600,7	69,7
1999	587,1	98,7	1249	184,9	674,3	165,2	453,4	184,1	426,6	85,8	617,6	73
2000	644,7	101,1	1142,2	192,3	739,5	169,5	467,8	189,4	409,1	88,2	580,3	76,8
2001	554,2	102,1	1162,8	194,8	732,7	174,2	483	200,4	389,9	90,7	608,9	78,9
2002	506	103,6	1267,1	194,7	752,5	181,7	504,9	203,4	435,3	94,2	686,3	80,3
2003	552,4	103,5	1570,3	196,6	887,8	185	591,3	214,3	559	97,4	883,8	82,2
2004	663,7	106,3	1799,2	199,2	1018,4	186,9	715,5	222,9	678,6	100,1	1044,6	85,7
2005	882	111,3	1853,5	203	1164,2	190,9	837,5	240,4	762,4	101,5	1130,8	88,9
2006	1089,3	116	1943,4	206,9	1310,8	196,3	947,9	258,2	819	104,8	1236,4	92,1
2007	1366,9	122,7	2204	207,9	1457,9	201,8	1206,1	280,4	986,5	108,3	1441,4	95,7
2008	1653,5	127,4	2392	207,9	1542,6	204,7	1294,1	297,3	1055,8	107,8	1593,4	97,8
2009	1620,2	132,1	2186,1	202,1	1370,8	213,2	1338,2	324,9	1011	112,2	1454,3	95,6
2010	2143	139,5	2126,6	206	1614,1	217	1704,8	349,3	1290,3	112,3	1384,8	97,1
2011	2476,7	143,6	2278,2	206,4	1788,7	219,1	1930,5	378,2	1532,9	116,1	1454,5	97,7
2012	2248,8	150,4	2091,8	200,3	1832,7	222,9	1892,6	398,3	1578	121,4	1322,5	95,7

Приложение 3. ГЛОССАРИЙ

Автокорреляция – корреляция между временной переменной и лаговой переменной, составленной от той же переменной.

Авторегрессия – регрессия зависимой временной переменной от лаговой переменной, составленной от той же переменной.

Временной ряд (ряд динамики, динамический ряд) – упорядоченная во времени последовательность численных, характеризующих уровни развития изучаемого явления в последовательные моменты или периоды времени.

Гетероскедастичность – неоднородность относительно дисперсии.

Гомоскедастичность – однородность относительно дисперсии.

Корреляционная связь – зависимость, при которой изменение среднего значения резульативного признака обусловлено изменением факторных признаков.

Корреляционный анализ – раздел математической статистики, изучающий наличие и тесноту связи между переменными без разделения переменных на зависимые и объясняющие.

Коэффициент детерминации R^2 – представляет собой квадрат коэффициента корреляции, показывает, какая часть дисперсии резульативного признака объяснена уравнением регрессии.

Коэффициент эластичности ε , показывает, на сколько процентов в среднем изменится резульативный признак y при изменении фактора на 1 % от своего номинального значения.

Критерий Стьюдента (t-критерий) – применяется для оценки статистической значимости коэффициентов полученного уравнения регрессии.

Критерий Фишера (F-критерий) – применяется для оценки статистической значимости полученного уравнения регрессии в целом.

Лаг – задержка. Обычно лаг рассматривают между причиной и следствием.

Линейная аналитическая зависимость – зависимость, определяемая соотношением $y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n + \varepsilon$.

Линейный коэффициент корреляции – характеризует тесноту линейной

связи между переменными и равен
$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Ложная корреляция – высокое значение коэффициентов корреляции при отсутствии истинной зависимости между переменными.

Метод наименьших квадратов (МНК) – метод оценки параметров уравнения регрессии, основанный на минимизации суммы квадратов отклонений расчетных значений (по уравнению регрессии) зависимой переменной от ее наблюдаемых значений.

Мультиколлинеарность – множественная линейная связь.

- Показательная аналитическая зависимость** – зависимость, определяемая соотношением $\hat{y} = a \cdot b^x$.
- Поле корреляций** – совокупность точек на координатной плоскости, изображающих наблюдения.
- Предмет эконометрики** – количественная оценка взаимосвязи между случайными событиями, признаками, показателями, факторами переменных экономических объектов.
- Регрессионный анализ** – раздел математической статистики, изучающий форму зависимости характеристик стохастического процесса от одного или нескольких факторов.
- Регрессия** – зависимость среднего значения какой-либо величины от некоторой другой величины или от нескольких величин.
- Регрессия множественная** – зависимость с несколькими зависимыми переменными.
- Регрессия парная** – зависимость между двумя переменными.
- Результативный признак** – признак, изменяющийся под действием факторных признаков.
- Степенная аналитическая зависимость** – зависимость, определяемая соотношением $y = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_n^{b_n} \cdot \varepsilon$.
- Тенденция** – изменение, определяющее общее направление развития, основную тенденцию временного ряда.
- Тест Гольдфелда–Квандта** – применяется для проверки остатков регрессии на гетероскедастичность.
- Тест ранговой корреляции Спирмена** – применяется для проверки остатков регрессии на гетероскедастичность. Проверяет наличие монотонной зависимости между дисперсией ошибки и величиной фактора.
- Тренд** – изменение, определяющее общее направление развития, основную тенденцию временного ряда.
- Факторный признак** – признак, обуславливающий изменение другого, связанного с ним признака.
- Фиктивные переменные** – применяются для учета в модели влияния качественного фактора.
- Функциональная связь** – связь, при которой определенному значению факторного признака соответствует одно и только одно значение результативного признака.
- Экзогенные (внешние, независимые) переменные** – переменные, значения которых определяются вне рассматриваемой модели, для которой они являются заданными.
- Эконометрика** – раздел науки, изучающий конкретные количественные и качественные взаимосвязи экономических объектов и процессов с помощью математических и статистических методов и моделей.

Экспоненциальная аналитическая зависимость – зависимость, определяемая соотношением $y = e^{a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_n^{b_n} \cdot \varepsilon}$.

Экстраполяция – прогноз, получение расчетных значений при условии, что значения аргумента выходят за пределы области определения функции.

Эндогенные (внутренние, зависимые) переменные – переменные, значения которых определяются внутри рассматриваемой модели.

Приложение 4. КРАТКИЙ АНГЛО-РУССКИЙ СЛОВАРЬ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

adjusted R^2 – скорректированный R^2

autocorrelation function (ACF) – автокорреляционная функция

autoregressive model order p , AR(p) – авторегрессионная модель порядка p

autoregressive integrated moving average model (ARIMA) – интегрированная модель авторегрессии и скользящего среднего

autoregressive moving average model (ARMA) – модель авторегрессии и скользящего среднего

best linear unbiased estimator (BLUE) – наилучшая (с минимальной дисперсией) оценка в классе несмещенных линейных оценок

Box-Jenkins model = ARIMA – модель Бокса-Дженкинса = интегрированная модель авторегрессии и скользящего среднего

central limit theorem (CLT) – центральная предельная теорема

classical normal regression (CNR) – модель классической регрессии, в которой ошибки имеют совместное нормальное распределение

classical regression (CR) – модель регрессии, в которой ошибки независимы, одинаково распределены, имеют нулевое среднее значение и постоянную дисперсию

conditional distribution – условное распределение

conditional expectation – условное среднее, условное математическое ожидание

confidence interval – доверительный интервал

consistent estimator – состоятельная оценка

convergence in distribution (law) – сходимость по распределению

convergence in probability – сходимость по вероятности

correlation – корреляция

correlogramm – график (выборочной) автокорреляционной функции

correlation coefficient – коэффициент корреляции

covariance – ковариация

cross-section data – данные, не имеющие временной природы, порядок их расположения не существен

curve fitting – подгонка кривой

density function – плотность распределения
dependent (endogenous) variable – зависимая (эндогенная) переменная
determination coefficient (*R*-squared) – коэффициент детерминации R^2
distribution – распределение
distribution function – функция распределения
dummy variable – фиктивная независимая переменная, принимающая, как правило, два значения – 0 или 1
dummy trap – ситуация, когда сумма нескольких фиктивных переменных, включенных в регрессию, равна константе, также включенной в регрессию

endogenous (dependent) variable – эндогенная (зависимая) переменная
estimation – величина оценки при заданных выборочных значениях
estimator – метод оценивания, функция выборочных значений
exogenous (independent) variable – экзогенная (независимая) переменная, регрессор
expectation (mean) – среднее значение, математическое ожидание
explanatory variables – объясняющие переменные, регрессоры, независимые переменные
explained (unexplained) variance – объясняемая (необъясняемая) дисперсия
exponential smoothing – экспоненциальное сглаживание

fitted value – прогнозное значение
first order condition (FOC) – необходимые условия экстремума

generalized least square estimations (GLS) – обобщенный метод наименьших квадратов
goodness of fit – качество приближения данных моделью

heteroscedasticity – гетероскедастичность
homoscedasticity – гомоскедастичность

idempotent matrix – идемпотентная матрица
independent (exogenous) variable – независимая (экзогенная) переменная
indirect least squares – косвенный метод наименьших квадратов
instrumental variable (IV) – инструментальная переменная
instrumental variables estimator (IV-estimator) – метод оценивания с помощью инструментальных переменных
intercept – свободный член в уравнении регрессии

joint distribution – совместное распределение

lagged variable – лагированная переменная (для временных рядов), переменная с запаздыванием, значения которой в предыдущие моменты времени входят в уравнение для текущего момента времени

law of large numbers (LLN) – закон больших чисел

level of statistical significance (significance level) – уровень значимости статистического критерия

likelihood function – функция правдоподобия

line of the best fit – линия, которая в определенном смысле наилучшим образом приближает наблюдения

linear regression model – линейная регрессионная модель

loss function – функция потерь, измеряющая степень отклонения данных от «желаемых» значений

marginal distribution – маргинальное распределение, т.е. распределение одной или нескольких компонент случайного вектора

maximum likelihood method (ML) – метод максимального правдоподобия

maximum likelihood estimator – оценивание с помощью метода максимального правдоподобия

maximum likelihood estimation – оценка максимального правдоподобия

mean absolute deviation – среднее абсолютное отклонение

mean absolute percentage error – среднее относительное отклонение

mean-square error – среднеквадратичная ошибка

model specification – спецификация модели

moving average – скользящее среднее

moving average model, MA(q) – модель скользящего среднего (порядка q)

multicollinearity – мультиколлинеарность

multiple regression model – многомерная регрессионная модель

normal (Gaussian) distribution – нормальное (гауссовское) распределение

OLS-estimator, OLS-estimation – оценивание с помощью метода наименьших квадратов и значения этих оценок

omitted variables – пропущенные переменные (независимые переменные, не включенные в модель)

ordinary least squares method (OLS) – метод наименьших квадратов, МНК

outliers – выбросы (данные, имеющие большие отклонения от большинства других)

partial autocorrelation function (PACF) – частная автокорреляционная функция

partial correlation coefficient – коэффициент частной корреляции

reduced form of the model – приведенная форма модели

residuals – остатки

sample – выборка

sample mean (variance, covariance, moment etc.) – выборочное среднее (дисперсия, ковариация, момент и т.д.)

seemingly unrelated regression (SUR) – система внешне не связанных между собой уравнений

serial correlation – (для временных рядов) наличие корреляции между ошибками, относящимися к разным моментам времени

significance level – уровень значимости

simultaneous equations – одновременные уравнения

slopes – коэффициенты при независимых переменных в уравнении регрессии

standard deviation – стандартное отклонение (корень из дисперсии)

stationary time series – стационарный временной ряд (статистические свойства которого не зависят от времени)

testing hypothesis – проверка гипотез

time series data – временные ряды, параметры системы, наблюдаемые в последовательные моменты времени

two stage least squares (2SLS) – двухшаговый метод наименьших квадратов

unbiased estimator – несмещенное оценивание (оценка)

under-, overestimation – оценка параметра, имеющая отрицательное (соответственно положительное) смещение

variance – дисперсия

variance (covariance) matrix – матрица ковариаций случайного вектора

weighted least squares – взвешенный метод наименьших квадратов

Приложение 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является предметом изучения эконометрии?
2. Связь эконометрии с другими науками.
3. Статистическая база эконометрических моделей.
4. В чем различие между функциональной и стохастической зависимостью?
5. Что собой представляет корреляционная связь?
6. Какими статистическими методами исследуются функциональные и корреляционные связи?
7. Какие основные задачи решают с помощью корреляционного и регрессионного анализа?
8. Дайте определение модели.
9. Этапы эконометрического анализа.
10. Охарактеризуйте основные проблемы и правила построения однофакторной линейной регрессионной модели.
11. В чем состоит значение уравнения регрессии?
12. Что характеризуют коэффициенты регрессии?
13. Метод определения параметров уравнения регрессии.
14. Предпосылки использования метода наименьших квадратов.
15. Зачем необходима проверка адекватности регрессионной модели?
16. Как осуществляется проверка значимости коэффициентов?
17. Какими показателями измеряется теснота корреляционной связи?
18. Какое значение имеет расчет коэффициента детерминации?
19. Линейные коэффициенты корреляции и детерминации, их смысл и значение.
20. Проверка существенности показателей тесноты связи как необходимое условие распространения выводов по результатам выборки на всю генеральную совокупность. Как она осуществляется?
21. Как экономически охарактеризовать однофакторную регрессионную модель?
22. Какой экономический смысл имеют коэффициенты эластичности?
23. Когда регрессионная модель считается линейной? Нелинейной?
24. Основные проблемы и правила построения многофакторной корреляционной модели.
25. Сущность и назначение парных и частных коэффициентов корреляции.
26. Сущность и значение совокупного коэффициента множественной корреляции и совокупного коэффициента детерминации.
27. Как проверить адекватность в целом? Значимость коэффициента регрессии? Какие критерии для этого можно использовать?
28. Как экономически интерпретировать многофакторную регрессионную модель?
29. Построение доверительных интервалов.

30. Производственная функция Кобба-Дугласа.
31. Какие выводы можно сделать на основе коэффициентов эластичности производственной функции?
32. В чем причины мультиколлинеарности?
33. Тестирование на наличие мультиколлинеарности и методы ее исключения.
34. Когда возникает гетероскедастичность? Тесты на гетероскедастичность и методы ее устранения.
35. Авторегрессионные модели.
36. В чем состоит автокорреляция? Тест на автокорреляцию.
37. Дистрибутивно-лаговые модели.
38. Система одновременных уравнений.
39. Методы оценивания неизвестных параметров в системах одновременных уравнений.
40. Область применения косвенного метода наименьших квадратов и двухшагового метода наименьших квадратов.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	3
СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ 1 «Парная регрессия».....	6
СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ 2 «Множественный регрессионный анализ».....	7
СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ 3 «Моделирование динамических процессов»	7
МОДУЛЬ 1. Парная регрессия.....	8
Тема 1.1. Линейная регрессия.	8
ЗАДАНИЯ К ТЕМЕ 1.1.	8
Задание 1. Анализ зависимости между переменными.	8
Задание 2. Статистическая база эконометрических моделей.	9
Задание 3. Построение линейной эконометрической модели	10
Задание 4. Оценка значимости параметров и адекватности линейной эконометрической модели.....	11
Тема 1.2. Нелинейная регрессия.....	11
ЗАДАНИЯ К ТЕМЕ 1.2.	13
Задание 5. Оценка параметров нелинейных эконометрических моделей.....	13
Задание 6. Оценка параметров нелинейных эконометрических моделей.....	14
Задание 7. Модель с фиктивными переменными.....	15
МОДУЛЬ 2. Множественный регрессионный анализ.....	17
Тема 2.1. Многофакторные модели.	17
ЗАДАНИЯ К ТЕМЕ 2.1.	20
Задание 1. Многофакторные модели.....	20
Задание 2. Множественная регрессия.	23
Тема 2.2. Особые случаи.....	27

ЗАДАНИЯ К ТЕМЕ 2.2.	29
Задание 4. Гомо- и гетероскедастичность.	29
Задание 4.1. Тест Гольдфельда–Квандта.	29
Задание 4.2. Тест Спирмена	30
МОДУЛЬ 3. Моделирование динамических процессов.....	30
Тема 3.1. Автокорреляция.	30
Задание 1. Временной ряд.	31
Задание 2. Авторегрессионная модель.....	31
Задание 3. Фиктивные переменные.....	32
Задание 4. Скользящее среднее.....	32
СПИСОК УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	33
Приложение 1. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ.....	34
Приложение 2. Валовой внутренний продукт И Потребительские расходы, 1970-2013.....	38
Приложение 3. ГЛОССАРИЙ.....	42
Приложение 4. КРАТКИЙ АНГЛО-РУССКИЙ СЛОВАРЬ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ.....	44
Приложение 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	48

Навчальне видання

ДАНИЛЕВИЧ Сергій Борисович

ЕКОНОМЕТРИКА

Методичні рекомендації та матеріали для самостійної роботи студентів факультету «Бізнес–управління», які навчаються за напрямом підготовки 6.030504 Економіка та підприємництво

(російською мовою)

Комп'ютерний набір *С.Б. Данилевич*

Підписано до друку ..2016. Формат 60×84/16.

Папір офсетний. Гарнітура «Таймс».

Ум. друк. арк. 3,72². Обл.-вид. арк. 2,7³.

Тираж 100 пр. Зам. №

План 2016/15 навч. р., поз. № 1.7 в переліку робіт кафедри

Видавництво
Народної української академії
Свідоцтво № 1153 від 16.12.2002

Надруковано у видавництві
Народної української академії

Україна, 61000, Харків, МСП, вул. Лермонтовська, 27.