

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт прикладной математики и компьютерных наук
Кафедра «Прикладная математика и информатика»

Утверждено на заседании кафедры
«Прикладная математика и информатика»
24 января 2023 г., протокол № 5

И.о. заведующего кафедрой



Н.В. Ларин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических (семинарских) занятий
по дисциплине (модулю)
«Методы идентификации в экономике»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры

по направлению подготовки
01.04.02 Прикладная математика и информатика

с направленностью (профилем)
Перспективные методы искусственного интеллекта
в сетях передачи и обработки данных

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 010402-01-22

Тула 2023 год

Разработчик методических указаний

Кочетыгов А.А., профессор каф. ПМиИ, к.т.н., доцент

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

I. Цели и задачи практических занятий

Целями освоения дисциплины «Методы идентификации в экономике» является получение студентами общих представлений о современных методах и приемах идентификации моделей линейных динамических систем применительно к моделям анализа состояния и оценки перспектив развития экономических и социальных систем.

Задачами освоения дисциплины являются:

- систематизировать основные понятия и проблемы идентификации динамических моделей экономических и социальных систем,
- изучить различные формы представления математических моделей динамических систем,
- овладение методологией и методикой построения, анализа и применения эконометрических моделей самых разнообразных видов,
- знакомство с методами идентификации нелинейных динамических объектов.

Целями и задачами практических занятий по дисциплине «Методы идентификации в экономике» являются получение практических навыков решения задач идентификации в экономике: статических моделей, моделей линейных динамических систем, а также знакомство с основными принципами идентификации сложных систем.

II. Методические указания к проведению практических занятий

Занятие 1.

Методы идентификации статических моделей.

Идентификация моделей в условиях мультиколлинеарности

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в лекции № 1, [2] (см. п. V.1), [1-4, 7] (см. п. V.2).

3. Задания.

№ 1. Построить уравнение множественной линейной зависимости между показателями, исследовать его:

- а) рассчитать параметры множественной линейной регрессии и основные характеристики для его исследования с помощью программы «Excel» (пакет «Анализ данных»);
- б) провести анализ коэффициентов уравнения, частных коэффициентов эластичности, сделать экономические выводы;
- в) построить матрицу парных корреляций между факторами, вычислить коэффициент множественной корреляции;
- г) рассчитайте оценки дисперсий ошибок модели и оценок параметров модели;
- д) построить доверительные интервалы для коэффициентов модели с выбранным уровнем значимости; проверить значимость каждого коэффициента и ряд гипотез вида $H_0: b_i = b_{i0}$;
- е) вычислить коэффициент детерминации (несколькими способами), оценить с его помощью тесноту связи, сравните значения скорректированного и нескорректированного коэффициентов детерминации;
- ж) с помощью F-критерия Фишера оцените статистическую надежность уравнения регрессии;
- з) оценить с помощью средней ошибки аппроксимации качество уравнения.

№ 2. Получить ММП формулы для расчета параметров множественной регрессии и дисперсии ошибок модели при условии выполнения классических предпосылок МНК. Исследовать их на смещенность, состоятельность, эффективность.

№ 3. Исследовать модель на мультиколлинеарность:

а) предварительный анализ по t - и F -статистикам, коэффициенту R^2 ,
б) анализ коэффициентов межфакторной парной корреляции и соответствующей матрицы,

в) анализ группы выявленных взаимозависимых факторов.

№ 4. Для данных из задания № 3 исключить мультиколлинеарность, используя рекуррентный МНК.

Занятие 2.

Идентификация статических моделей с нестандартными ошибками (обобщенные модели).

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в [2] (см. п. V.1), [1-4, 7] (см. п. V.2).

3. Задания.

№ 1. Исследовать модель на гетероскедастичность:

- а) методом ранговой корреляции Спирмена,
- б) методом Голдфельдта-Квандта,
- в) методом Глейзера,
- г) методом Уайта.

№ 2. Исключить гетероскедастичность (для данных задачи № 1), используя:

- а) ОМНК (ВМНК);
- б) коррекцию гетероскедастичности (разными приемами).

№ 3. Построить для данных из задачи № 1 состоятельную оценку дисперсии ошибок модели в форме Уайта.

№ 3. Провести исследование модели на автокорреляцию остатков (данные взять из [2] п. V.2):

- а) исследовать модель методом Дарбина-Уотсона,
- б) получить оценку коэффициента автокорреляции первого порядка из остатков модели,
- в) исследовать коэффициент автокорреляции первого порядка (тест Стьюдента),
- г) использовать преобразование Фишера для коэффициента автокорреляции и исследовать его.

№ 4. Исключить автокорреляцию остатков первого порядка, используя:

- а) ОМНК (ВМНК);
- б) коррекцию автокорреляции остатков (разными приемами).

Занятие 3.

Идентификация моделей с лаговыми независимыми переменными. Идентификация моделей с лаговыми зависимыми переменными.

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в лекции № 2, [2] (см. п. V.1), [1-4, 7] (см. п. V.2).

3. Задания.

№ 1. По результатам изучения зависимости объемов продаж компании от расходов на рекламу была получена следующая модель с распределенным лагом:

$$y_t = -0,67 + 4,5 \cdot x_t + 3,0 \cdot x_{t-1} + 1,5 \cdot x_{t-2} + 0,5 \cdot x_{t-3}.$$

Провести анализ данного уравнения.

№ 2. По данным об объеме выпуска продукции в бизнес-секторе экономики США и общей сумме расходов на приобретение новых заводов и оборудования в промышленности за 1959-1990 г.г. (табл. 1) построить модель с распределенным лагом ($l=4$), в предположении, что структура лага описывается полиномом второй степени

$$y_t = a + b_0 \cdot x_t + b_1 \cdot x_{t-1} + b_2 \cdot x_{t-2} + b_3 \cdot x_{t-3} + b_4 \cdot x_{t-4} + \varepsilon_t.$$

Занятие 4.

Идентификация эконометрических моделей со специфическими переменными. Структурные переменные.

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в [2] (см. п. V.1), [1-4, 7] (см. п. V.2).

3. Задания.

№ 1. Учесть сезонный спрос на электроэнергию:

Год Кварт.	1	2	3	4
I	6.0	7.2	8.0	9.0
II	4.4	4.8	5.6	6.6
III	5.0	6.0	6.4	7.0
IV	9.0	10.0	11.0	10.8

- а) построить модель тренда без учета сезонности, исследовать задачу,
- б) построить модель тренда, учитывая сезонность введение фиктивных переменных,
- в) проверить статистические гипотезы:

- о несущественном различии между потреблением в III квартал и IV квартал,
- о несущественном различии между потреблением в I квартал и III квартал,
- о несущественном различии между потреблением в I квартал и II квартал и т.д.

№ 2. (Д/з) Учесть сезонный спрос на объем потребления некоторого продукта ([2,9-11] см. п. V.2). Повторить исследования задания № 1. Для расчетов использовать любой из эконометрических пакетов.

Занятие 5.

Идентификация систем эконометрических уравнений. Проблемы идентификации. Методы идентификаций.

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в [2] (см. п. V.1), [1-4, 7] (см. п. V.2).

3. Задания.

№ 1. Исследовать предложенные модели на идентифицируемость (задания № 1, 2, 3 из [2] п. V.2).

№ 2. Построить модель спроса и предложения (по вариантам):

- а) определить вид модели, привести к структурной форме,
- б) исследовать на идентифицируемость (необходимые условия идентификации),
- в) в случае идентифицируемой модели продолжить ее исследование на идентифицируемость достаточными условиями идентификации, в случае неидентифицируемой модели изменить спецификацию и повторить с п. а), в случае сверхидентифицируемой модели перейти к п. г),
- г) оценить модель выбранным методом,
- д) провести анализ построенной модели.

№ 3. Изменить спецификацию модели из своего варианта таким образом, чтобы идентифицируемая модель стала сверхидентифицируемой, или наоборот. Повторить исследования согласно схеме задания № 2.

Занятие 6.

Непрерывные линейные динамические модели и их характеристики. Взаимосвязь моделей линейных динамических систем.

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Выполнение контрольной работы.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в лекциях № 3, 4 [1] (см. п. V.1), [2, 3, 5, 6, 8] (см. п. V.2)

3. Задания.

№ 1. Заменить дифференциальное уравнение $y'' + a_1 y' + a_0 y = b_1 x' + b_0 x$ эквивалентной системой дифференциальных уравнений первого порядка.

№ 2. Осуществить переход от дифференциального уравнения к передаточной функции:

$$y''' + a_2 y'' + a_1 y' + a_0 y = b_2 x'' + b_1 x' + b_0 x.$$

№ 3. Перейти от модели объекта в пространстве состояний к передаточной функции:

$$A = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 10 & -5 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} 1 \end{bmatrix}$$

Проведение контрольной работы № 1 (см. раздел III).

Занятие 7.

Непрерывные линейные динамические модели и их характеристики. Взаимосвязь моделей линейных динамических систем.

(продолжение)

1. План занятия.

1. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
2. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в лекциях № 3, 4 [1] (см. п. V.1), [2, 3, 5, 6, 8] (см. п. V.2)

3. Задания.

№ 1. Система описывается дифференциальным уравнением:

$$2 \frac{dy}{dt} - 3y = 4 \frac{dx}{dt} + x$$

Найти частотные характеристики системы.

№ 2. Дано инерционное звено первого порядка

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t)$$

Здесь k - передаточный коэффициент, характеризующий свойства звена в статическом режиме, T - постоянная времени, характеризующая инерционность звена. Определить основные характеристики объекта.

№ 3. Динамическая система состоит из двух последовательно соединенных апериодических (инерционных) звеньев первого порядка с параметрами k_1, T_1, k_2, T_2 . Определить частотные характеристики системы:

k_1	T_1	k_2	T_2
4	0,12	3	0,1

Занятие 8.

Проблема устойчивости, управляемости, наблюдаемости линейных динамических систем.

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в лекции № 4
[1] (см. п. V.1), [2, 3, 5, 6, 8] (см. п. V.2)

3. Задания.

№ 1. САУ описывается уравнением:

$$\left[\begin{array}{cccc} T_1 p + 1 & T_2^2 p^2 + T_3 p + 1 & T_4 p + 1 & T_5 p + 1 + k \end{array} \right] y(p) = F(x).$$

Определить, устойчива ли САУ при параметрах:

$$k = 7; T_1 = 5c; T_2^2 = 0,33c^2; T_3 = 1c; T_4 = 0,5c; T_5 = 0,2c.$$

№ 2. Определить будет ли устойчивой статическая система, состоящая из пропорционального управляющего устройства и статического инерционного объекта первого порядка с запаздыванием, при следующих значениях параметров:

$$k = k_y k_0 = 7 \times 1 = 7; \quad T_0 = 100_{\text{с}}; \quad \tau_0 = 20_{\text{с}};$$

№ 3. Объект описан в пространстве состояний. Заданы матрицы коэффициентов A, B, C. Требуется исследовать управляемость, наблюдаемость и устойчивость системы по различным критериям. Критерии для исследования объекта выбрать самостоятельно.

$$A = \begin{bmatrix} 23 & 13 & 0 \\ 7 & -21 & 11 \\ 9 & 0 & -6 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & -5 \\ 4 & 6 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 2 & 6 \end{bmatrix}$$

Занятие 9.

Дискретные линейные динамических модели и их характеристики.

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в
[1] (см. п. V.1), [2, 3, 5, 6, 8] (см. п. V.2)

3. Задания.

№ 1. Определить дискретную передаточную функцию для непрерывной системы в виде инерционного звена с непрерывной передаточной функцией $W(p) = \frac{k}{Tp+1}$.

№ 2. Определить реакцию, возбужденную при нулевых начальных условиях единичной ступенчатой дискретной функцией на инерционное звено с непрерывной передаточной функцией

$$W(p) = \frac{K_y}{Tp+1}$$

№ 3. Получить цифровую модель непрерывного объекта с передаточной функцией $W(p) = \frac{2}{p+2}$, на который при нулевых начальных условиях начинает действовать линейно возрастающий сигнал $x(t) = t$.

Занятие 10.

Идентификация динамических систем методами активного эксперимента.

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в лекции № 5
[1] (см. п. V.1), [2, 3, 5, 6, 8] (см. п. V.2)

3. Задания.

№ 1. Импульсная переходная функция объекта имеет вид

$$g(t) = \frac{a}{b} e^{-\frac{c}{d}t}$$

Определить реакцию объекта на воздействие вида:

$$x(t) = kt \cdot 1(t)$$

№ 2. Дано инерционное звено первого порядка

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t)$$

Здесь k - передаточный коэффициент, характеризующий свойства звена в статическом режиме,

T – постоянная времени, характеризующая инерционность звена.

Определить основные характеристики объекта.

№ 3. В результате идентификации системы гармоническими сигналами построены графики АЛЧХ и ЛФЧХ. Оценить передаточную функцию системы.

Занятие 11.

Идентификация динамических систем методами пассивного эксперимента. Основное уравнение идентификации.

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в лекции № 5
[1] (см. п. V.1), [2, 3, 5, 6, 8] (см. п. V.2)

3. Задания.

№ 1. Построить автокорреляционную функцию для входа и взаимную корреляционную функцию, если известны наблюдения за входом, выходом системы:

$$Y^T = (0,8 \quad 1,2 \quad 2,8 \quad 4,4 \quad -0,8 \quad -0,3)$$

$$Y^T = (0,8 \quad 1,2 \quad 2,8 \quad 4,4 \quad -0,8 \quad -0,3)$$

№ 2. Чему равно математическое ожидание выхода m_y , если математическое ожидание входа равно m_x и $g(t) = e^{-2t}$

№ 3. Поучить дискретную импульсную переходную функцию для данных из № 1.

Занятие 12.

Параметрическая идентификация динамических объектов.

1. План занятия.

1. Повторение теоретического материала.
2. Выполнение заданий под руководством преподавателя.
3. Самостоятельное выполнение заданий.

2. Методические указания.

Теоретический материал представлен в лекции № 5
[1] (см. п. V.1), [2, 3, 5, 6, 8] (см. п. V.2)

3. Задания.

№ 1. Пусть в результате аппроксимации сигналов $x(t)$ и $y(t)$ получены полиномы:

$$x(t) = c_2 t^2 + c_1 t + c_0;$$

$$y(t) = d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3.$$

Построить передаточную функцию системы.

№ 2. Линейная динамическая система описывается дифференциальным уравнением

$$T y'_M(t) + y_M(t) = k x_M(t).$$

Оценить его параметры на основе наблюдений:

$$Y^T = (0,8 \quad 1,2 \quad 2,8 \quad 4,4 \quad -0,8 \quad -0,3)$$

$$Y^T = (0,8 \quad 1,25 \quad 2,85 \quad 4,45 \quad -0,75),$$

№ 3. Линейная динамическая система описывается дифференциальным уравнением

$$y'''(t) + \alpha_2 y''(t) + \alpha_1 y'(t) + \alpha_0 y(t) = b_1 x'(t) + b_0 x(t)$$

Построить разностное уравнение и определить его параметры на основе наблюдений:

$$Y^T = (0,8 \quad 1,2 \quad 2,8 \quad 4,4 \quad -0,8 \quad -0,3)$$

$$Y^T = (0,8 \quad 1,25 \quad 2,85 \quad 4,45 \quad -0,75),$$

III. Контрольные мероприятия

Перед проведением текущего контроля успеваемости выполняются контрольные работы в виде тестов.

Контрольная работа № 1.

На ее выполнение отводится до 0,5 академического часа.

Контрольная работа направлена на выявление знаний по методам идентификации статических систем, представлена в виде теста.

Варианты вопросов контрольной работы № 1.

1. Для линейной регрессионной модели оценки ее параметров рассчитываются ОМНК (D – матрица ковариаций ошибок модели):
 - 1) $B = (X^T X)^{-1} X^T Y$;
 - 2) $B = (X^T D^{-1} X)^{-1} X^T D^{-1} Y$;
 - 3) $B = (X^T D X)^{-1} X^T D Y$;
 - 4) $B = (X^T D X)^{-1} X^T D^{-1} Y$
2. Что из себя представляет функция правдоподобия $L(\theta)$ в методе максимального правдоподобия:
 - 1) условная функция плотности распределения вероятностей появления выборки (y_1, \dots, y_n) при некотором параметре распределения θ ;
 - 2) сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений $(y_1, \dots, y_n)^T$ от рассчитанных по модели;
 - 3) нормальный закон распределения коэффициентов модели с параметром θ .
3. Какая(ие) из следующих проблем эконометрического анализа связаны с применением особого вида моделей и решается использованием специальных методов эконометрики:
 - 1) проблема неидентифицируемости или сверхидентифицируемости систем одновременных уравнений;
 - 2) исключена существенная переменная в регрессии;
 - 3) гетероскедастичность;
 - 4) мультиколлинеарность.
4. К какой проблеме приводит нарушение условия о постоянстве дисперсии ошибок ($D[\varepsilon] = \sigma^2 = \text{const}$):
 - 1) гетероскедастичность модели;
 - 2) гомоскедастичность модели;
 - 3) автокорреляция остатков модели;
 - 4) мультиколлинеарность.
5. Какое условие приводит к мультиколлинеарности в модели:
 - 1) высокая корреляция между независимыми факторами
 - 2) матрица X наблюдений независимых факторов не имеет полный ранг
 - 3) высокая корреляция между зависимой и независимыми переменными
 - 4) корреляция между ошибками модели

Контрольная работа № 2.

Планируется на последнем занятии. На ее выполнение отводится до 0,5 академического часа.

Контрольная работа направлена на выявление знаний по методам идентификации линейных динамических систем, представлена в виде теста.

Варианты вопросов контрольной работы № 2.

1. Что из себя представляет дельта-функция:
 - 1) мгновенное появление импульса единичной величины и произвольной длительности
 - 2) мгновенное появление импульса единичной величины и бесконечно малого по длительности
 - 3) мгновенное появление импульса бесконечно большой величины и бесконечно малого по длительности, но с единичной площадью

- 4) мгновенное появление импульса бесконечно большой величины и бесконечно малого по длительности с бесконечной площадью

2. Как записывается передаточная функция для последовательного соединения:

1) $W_P = \frac{Y_P}{X_P} = \prod_{i=1}^n W_i P$;

2) $W_P = \frac{X_P}{Y_P} = \prod_{i=0}^n W_i P$;

3) $W_P = \frac{Y_P}{X_P} = \sum_{i=1}^n W_i P$;

4) $W_P = \frac{X_P}{Y_P} = \sum_{i=1}^n W_i P$;

3. Весовая функция объекта имеет вид $g(t) = 3\sin t$. Найти реакцию объекта на воздействие $x(t) = 4t$.

- 1) $-12\sin t + 12t$; 3) $-12\sin t$;
 2) $-6\sin t + 12t$; 4) $-2\sin t + 2t$.

4. Объект описан дифференциальным уравнением:

$8y''(t) + 7y'(t) + 3y(t) = 2x''(t) + 8x'(t) + 15x(t)$. Как выглядит фазовая частотная характеристика данного объекта?

1) $\arctg\left(\frac{8\omega}{-2\omega^2 + 15}\right) - \arctg\left(\frac{7\omega}{-8\omega^2 + 3}\right)$;

2) $\arctg\left(\frac{\omega^2}{\omega + 1}\right) - \arctg\left(\frac{\omega}{\omega^2 + 3}\right)$;

3) $\arctg\left(\frac{5\omega}{7\omega^2 + 3}\right) - \arctg\left(\frac{\omega^2}{\omega^2 + 3}\right)$;

4) $\arctg\left(\frac{8\omega}{-2\omega^2 + 15}\right) + \arctg\left(\frac{7\omega}{-8\omega^2 + 3}\right)$.

5. Что такое фазовые координаты?

- 1) Производные входного сигнала;
 2) Интеграл от входного сигнала;
 3) Производные выходного сигнала;
 4) Интеграл от выходного сигнала

V. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

V.1. Основная литература

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник для вузов: в 5 т. Т. 1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / К. А. Пупков [и др.] ; под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: МГТУ им. Баумана, 2004. — 656 с.
2. Эконометрика: учебник для вузов / И.И. Елисеева и др.; под. ред. И.И. Елисеевой. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 2008.— 576 с.

V.2. Дополнительная литература

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики: учебник / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян; Гос. ун-т; Высш. шк. экономики. — М.: ЮНИТИ, 1998. — 1022 с.
2. Гроп Д. Методы идентификации систем / Д. Гроп; Пер. с англ. В.А. Васильева, В.И. Лопатина; Под ред. Е.И. Кринецкого. — М.: Мир, 1979. — 302с.
3. Кочетыгов А.А. Методы идентификации: учеб. пособие / Кочетыгов А.А.; ТулГУ. Каф. математики и информатики. — Тула: ТулГУ, 2001. — 220 с.
4. Кремер Н.Ш. Эконометрика: учебник для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко. — М.: ЮНИТИ, 2006. — 311 с.
5. Кузовков Н.Т. Непрерывные и дискретные системы управления и методы идентификации / Н.Т. Кузовков, С.В. Карабанов, О.С. Салычев. — М.: Машиностроение, 1978. — 221 с.
6. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюнг; пер. с англ. А.С. Манделя, А.В. Назина. — М.: Наука, 1991. — 432 с.
7. Магнус Я.Р. Эконометрика: Начальный курс: учебник для вузов / Я.Р. Магнус, П.К. Катышев, А.А. Пересецкий. — 7-е изд., испр. — М.: Дело, 2005. — 576 с.
8. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния / П.Эйкхофф; пер.с англ. В.А. Лотоцкого, А.С. Манделя; под ред. Н.С. Райбмана. — М.: Мир, 1975. — 683 с.

V.3. Периодические издания

1. Прикладная эконометрика: научно-практический журнал. — М., 2007.
2. Математическое моделирование / РАН. — М.: Наука.
3. Экономика и математические методы / РАН. — М.: Наука

V.4. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

www.INTUIT.ru