

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



«СИСТЕМЫ ОДНОВРЕМЕННЫХ УРАВНЕНИЙ: ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

по дисциплине «Эконометрия»

для студентов специальностей:

7.050201 – «Менеджмент организаций»,

7.050104 – «Финансы»

7.050106 – «Учет и аудит»

7.050107 – «Экономика предприятия»

всех форм обучения

Севастополь
2007



УДК 681.5.015.:330.43

«Системы одновременных уравнений: оценивание параметров» методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Эконометрия» для студентов специальностей: 7.050201 – «Менеджмент организаций», 7.050104 – «Финансы», 7.050106 – «Учет и аудит», 7.050107 – «Экономика предприятия» всех форм обучения / Сост. А.Д. Горобец. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007г. – 16с.

Методические указания подготовлены с целью закрепления теоретических знаний и получения практических навыков при проведении анализа систем одновременных уравнений в системе MINITAB. Методические указания предназначены для студентов экономических специальностей всех форм обучения.

Методические указания утверждены на заседании кафедры менеджмента и экономико-математических методов, (протокол № 6 от «16» февраля 2007г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний

Рецензент:

Мараховская Т.А., доцент кафедры «Учет и аудит»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Цель работы.....	4
2. Теоретическая часть.....	4
2.1. Системы одновременных уравнений. Оценка параметров.....	4
2.1.1. Косвенный метод наименьших квадратов (КМНК).....	5
2.1.2. Двухшаговый метод наименьших квадратов (2МНК)	6
2.2. Применение методов оценки параметров СОУ	7
2.3 Построение СОУ в системе MINITAB.....	8
3. Варианты заданий.....	10
4. Содержание отчета.....	13
5. Контрольные вопросы.....	13
Библиографический список.....	14

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания разработаны на основе материала из учебников Айвазяна С.А., Мхитаряна В.С. «Прикладная статистика и основы эконометрики» и Грубера Й., «Введение в эконометрию» посвященного системам одновременных уравнений. В частности из учебника Айвазяна С.А., Мхитаряна В.С. использовались основные теоретические положения, связанные с системами одновременных уравнений, а из учебника Грубера Й. была взята базовая макроэкономическая модель Людеке для выполнения лабораторной работы. Кроме того, автором методических указаний была переработана информация из учебника Магнуса Я.Р., Катышева П.К., Пересецкого А.А. «Эконометрика. Начальный курс», посвященная методам оценивания структурных параметров систем одновременных уравнений.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение теоретических знаний и практических навыков для анализа систем одновременных уравнений в системе MINITAB.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Системы одновременных уравнений. Оценка параметров

Системы одновременных уравнений (СОУ) - это математический аппарат многомерного статистического анализа, который является одним из разделов прикладной статистики и служит для исследования многопараметрических и многосвязных объектов управления. Наиболее характерными примерами которых являются экономические системы, такие как макроэкономика государства и модели спроса и предложения определенных товаров и услуг. В общем виде СОУ может быть представлена следующим образом:

$$BY_t + CX_t = U_t, \quad t = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где $B = (\beta_{ij})$ - матрица размерности $m \times m_Y$ ($i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, m_Y$) коэффициентов при m_Y эндогенных переменных $Y_t = (y_t^{(1)}, y_t^{(2)}, \dots, y_t^{(m_Y)})^T$; $C = (c_{ij})$ - матрица размерности $m \times p$ (т. е. $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, p$) коэффициентов при p предопределённых переменных $X_t = (x_t^{(1)}, x_t^{(2)}, \dots, x_t^{(p)})$, в состав которых, если необходимо, включён и свободный член; а вектор столбец случайных остатков $U_t = (\delta_t^{(1)}, \delta_t^{(2)}, \dots, \delta_t^{(m)})^T$ удовлетворяет в общем случае следующим условиям: $E_t = 0_m$; ковариационная матрица остатков $\Sigma_U = E(U_t U_t^T)$ положительно определена и не зависит от t ; векторы U_{t1} и U_{t2} взаимно

некоррелированы при $t_1 \neq t_2$, а $\delta_t^{(i)}$ некоррелированы со всеми предопределёнными переменными системы, т. е. $E[\delta_t^{(i)} (x_t^{(j)} - E x_t^{(j)})] = 0$ при $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, p$. Коэффициенты β_{ij} нормированы с помощью условия $\beta_{ii} = 1$.

Рассмотрим проблему оценивания структурных параметров В и С системы (1). В общем случае эндогенные переменные и ошибки в структурной системе (1) коррелированы, поэтому применение к какому-либо из уравнений метода наименьших квадратов (МНК) даст смещенные и несостоятельные оценки структурных коэффициентов. В то же время коэффициенты приведенной формы системы:

$$Y_t = PX_t + V_t, \quad t=1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

могут быть состоятельно оценены, поскольку переменные X некоррелированы со структурными ошибками U и, следовательно, с ошибками приведенной формы модели ε . Эти оценки могут быть использованы для оценивания структурных параметров (косвенный МНК). При этом возможны три ситуации: структурные коэффициенты однозначно выражаются через коэффициенты приведенной системы, структурные коэффициенты допускают несколько разных оценок косвенного МНК, структурные коэффициенты не могут быть выражены через коэффициенты приведенной системы. В первом случае уравнение точно идентифицируемо (условие порядка выполняется со знаком равенства), во втором – сверхидентифицируемо (условие порядка выполняется со знаком строгого неравенства), в последнем случае соответствующее структурное уравнение является неидентифицируемым.

Рассмотрим методы оценивания параметров систем одновременных уравнений.

2.1.1. Косвенный метод наименьших квадратов (КМНК)

При идентифицируемости уравнения оценки структурных коэффициентов можно найти, оценив МНК приведенную форму модели (2), а затем решив систему:

$$\begin{cases} \beta^T(i) \Pi(i) = -c(i), & (3) \\ \beta^T(i) \bar{\Pi}_X(i) = 0_{p-p_i}. & (4) \end{cases}$$

заменяя элементы матрицы Π их оценками. Этот способ носит название косвенный МНК. В силу теоремы Слуцкого полученные оценки являются состоятельными, так как состоятельны оценки коэффициентов приведенной формы модели. Однако у этого метода есть серьезный недостаток: если уравнение сверхидентифицируемо, то один и тот же

структурный коэффициент допускает разные выражения через коэффициенты приведенной формы. Это сужает область его применения как с теоретической (не ясно, какую же оценку следует предпочесть), так и с практической точки зрения (трудность алгоритмизации).

2.1.2. Двухшаговый метод наименьших квадратов (2МНК)

Перепишем систему (1) в виде:

$$y = B \cdot Y + C \cdot X + U, \quad (5)$$

где $y' = (y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(m)})$ – вектор нормированных эндогенных переменных.

Поскольку элементы вектора Y коррелированы с вектором ошибок U , непосредственное применение МНК приведет к смещенным и несостоятельным оценкам. Поэтому используется 2МНК, суть которого состоит в следующем:

а) «очищается» вектор эндогенных регрессоров Y от влияния возмущений U , т.е. рассматривается регрессия.

$$Y = \Pi \cdot X + V, \quad (6)$$

где Π – матрица коэффициентов приведенной формы. Строится прогнозное значение.

$$\hat{Y} = \hat{\Pi} \cdot X, \quad (7)$$

где $\hat{\Pi} = (X' \cdot X)^{-1} \cdot X' \cdot Y$.

б) осуществляется регрессия (5) с заменой в правой части Y на $\hat{Y}$, т.е. строятся МНК-оценки структурных параметров B и C в регрессии:

$$y = B \cdot \hat{Y} + C \cdot X + U. \quad (8)$$

Отметим основные особенности 2МНК. Если для уравнения выполнено ранговое условие идентификации и порядковое условие выполнено со знаком равенства (точная идентификация), то 2МНК-оценка совпадает с оценкой, полученной КМНК. 2МНК-оценки являются состоятельными оценками параметров структурных коэффициентов взаимозависимой системы, уравнения которой идентифицированы и выполняют все предпосылки классической линейной регрессионной модели, за исключением предпосылок относительно детерминированности и, соответственно, экзогенности регрессоров.

2.2. Применение методов оценки параметров СОУ

Предположим, что исследуется зависимость спроса и предложения некоторого товара от его цены, дохода — так называемые кривые спроса и предложения. Усложним нашу модель, включив в уравнение для спроса процентную ставку r_t , считая эту переменную экзогенной:

$$q_t = \alpha_2 p_t + \varepsilon_t \quad (\text{предложение}), \quad (9)$$

$$q_t = \beta_2 p_t + \beta_3 y_t + \beta_4 r_t \quad (\text{спрос}). \quad (10)$$

где P_t — цена товара, Y_t — доход в момент времени t . Предполагается, что на рынке существует равновесие, т. е. в каждый момент времени наблюдается одна величина.

Приведенная форма системы для (9) и (10) структурных уравнений имеет следующий вид:

$$q_t = p_{11} y_t + p_{12} r_t + x_{1t} \quad (11)$$

$$p_t = \pi_{21} y_t + \pi_{22} r_t + v_{2t}, \quad (12)$$

где

$$\pi_{11} = (\alpha_2 \beta_3) / (\alpha_2 - \beta_2), \quad \pi_{12} = (\alpha_2 \beta_4) / (\alpha_2 - \beta_2), \quad (13)$$

$$\pi_{21} = \beta_3 / (\alpha_2 - \beta_2), \quad \pi_{22} = \beta_4 / (\alpha_2 - \beta_2), \quad (14)$$

а v_{1t} и v_{2t} такие же как η_{1t} и η_{2t} в (20) и (21) соответственно.

Выражения (13) и (14) показывают, что $\alpha_2 = \pi_{11} / \pi_{21} = \pi_{12} / \pi_{22}$. Поэтому при использовании КМНК можно в качестве оценки структурного параметра α_2 брать либо $\hat{\pi}_{11} / \hat{\pi}_{21}$, либо $\hat{\pi}_{12} / \hat{\pi}_{22}$, причём в общем случае, это будут разные оценки. Таким образом, для оценивания первого структурного уравнения системы следует использовать 2МНК, так как оно оказывается сверхидентифицируемым (условие порядка выполняется со знаком строго неравенства). Второе уравнение структурной системы (10) по-прежнему остается неидентифицируемым, так как для него не выполняется условие порядка, и, следовательно невозможно получить состоятельные оценки структурных параметров для β_2 , β_3 и β_4 .

2.3 Построение СОУ в системе MINITAB

Данная лабораторная работа выполняется в системе MINITAB for WINDOWS.

Для оценивания параметров каждого отдельного структурного уравнения системы с помощью обычного МНК используется метод КЛММП в меню Stat → Regression → Regression.

Двухшаговая процедура состоятельного оценивания параметров структурного уравнения (2МНК) выполняется следующим образом:

а) эндогенные переменные, входящие в правую часть каждого структурного уравнения системы заменяются их оценками, полученными на основе приведенной формы системы. Для этого строится регрессия этих эндогенных переменных на все предопределенные переменные системы;

б) выполняется КЛММП для оцениваемого уравнения, в котором эндогенные переменные, имеющие влияющий характер, заменены на их оценки, полученные на первом шаге процедуры.

Пример.

Макроэкономическая модель, которая является простейшей версией мультипликаторной модели Кейнса и основана на предположении, что народное хозяйство является системой закрытого типа без государственного регулирования экономики.

$$\begin{cases} C_t = a_0 + a_1 \cdot Y_t + u_t \\ Y_t = C_t + I_t \end{cases}$$

Нам дана структурная форма СОУ. Проведем преобразование модели в приведенную форму. При этом в правой части будут присутствовать только экзогенные переменные, а в левой – эндогенные.

$$\begin{cases} C_t = \frac{a_0}{1-a_1} + \frac{a_1}{1-a_1} \cdot I_t + \frac{u_t}{1-a_1} \\ Y_t = \frac{a_0}{1-a_1} + \frac{1}{1-a_1} I_t + \frac{u_t}{1-a_1} \end{cases}$$

а) после того, как СОУ преобразована в приведенную форму можно приступить к построению регрессии эндогенных переменных на все предопределенные переменные системы. Данные берем из таблицы 1. Пример заполнения окна «Regression» приведен на рисунке 1.

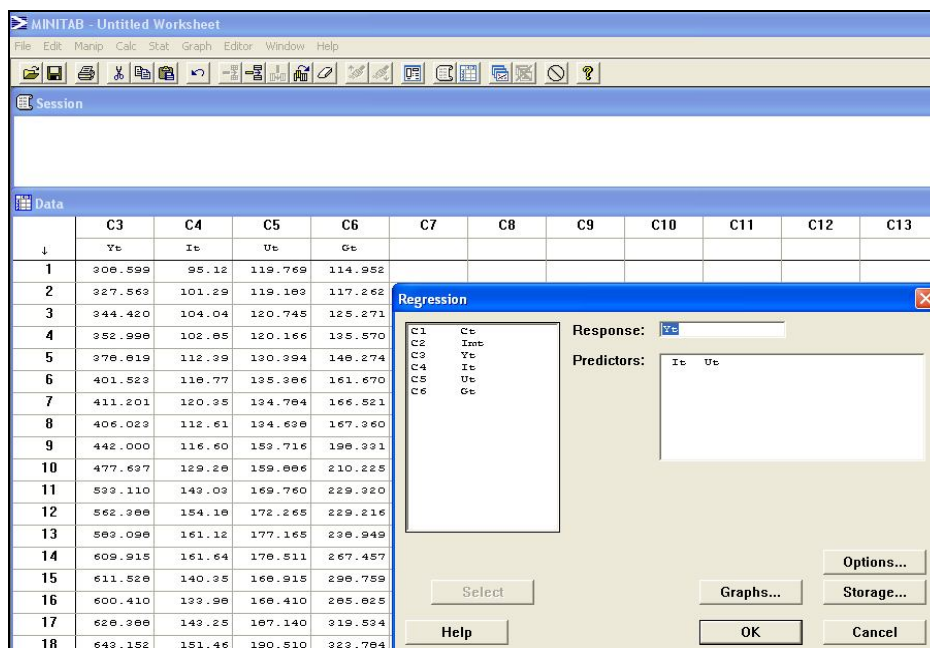


Рисунок 1 – Пример заполнения окна «Regression»

При этом необходимо получить оценки каждой эндогенной переменной. Для этого Stat→Regression→Regression→Storage→Fits.

б) далее строится регрессионная модель каждого уравнения, в котором эндогенные переменные заменяются на их оценки.

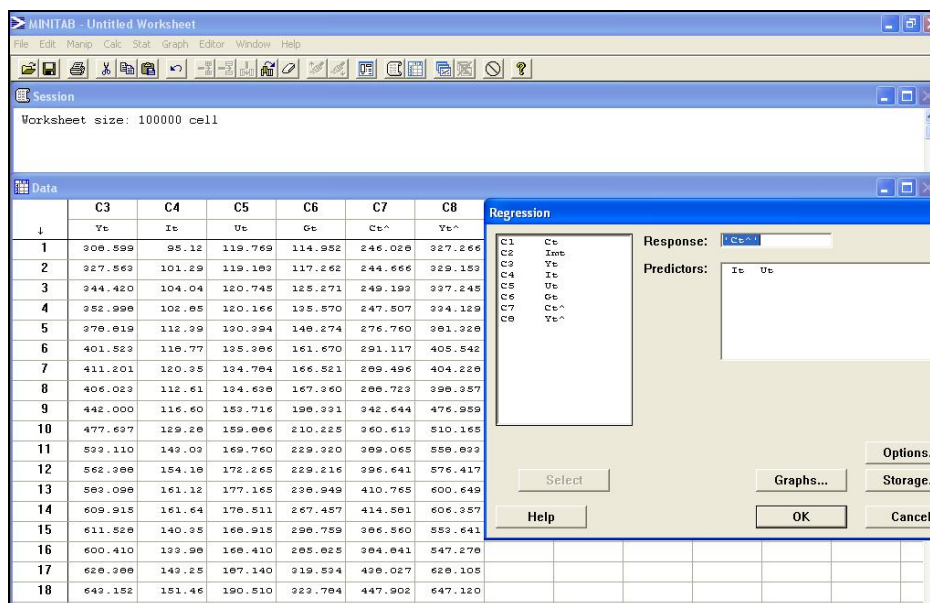


Рисунок 2 – Построение СОУ

После чего можно записать полученную систему одновременных уравнений.

$$\begin{cases} C_t^{\wedge} = -95.7 + 0.0466 * I_t + 2.82 * u_t \\ Y_t^{\wedge} = -214 + 0.684 * I_t + 3.98 * u_t \end{cases}$$

3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

В рамках данной лабораторной работы необходимо последовательно выполнить следующие задания:

- 1) оценить структурные параметры с помощью соответствующего состоятельного метода оценивания и коэффициент детерминации для каждого отдельного структурного уравнения системы;
- 2) провести экономическую интерпретацию оцененной модели;
- 3) оценить параметры каждого уравнения с помощью обычного МНК и сравнить полученные оценки с состоятельными оценками параметров;
- 4) вычислить коэффициент детерминации для каждого уравнения системы, оцененного с помощью обычного МНК и сравнить полученные результаты с коэффициентами детерминации для состоятельно оцененных уравнений системы;
- 5) сделать общие выводы и рекомендации по исследованной экономической системе.

Варианты заданий.

1) Макроэкономическая модель, впервые сконструированная Людеке (1964) и предназначенная для описания определенных аспектов развития экономики народного хозяйства открытого типа с государственным регулированием.

$$\begin{cases} C_t = a_0 + a_1 \cdot Y_t + a_2 \cdot C_{t-1} + u_{t1} \\ I_t = b_0 + b_1 \cdot Y_t + b_2 \cdot U_{t-1} + u_{t2} \\ \mathbf{Im}_t = c_0 + c_1 \cdot Y_t + c_2 \cdot \mathbf{Im}_{t-1} + u_{t3} \\ Y_t = C_t + I_t - \mathbf{Im}_t + G_t \end{cases}$$

2) Макроэкономическая модель, которая является простейшей версией мультипликаторной модели Кейнса и основанная на предположении, что народное хозяйство является системой закрытого типа без государственного регулирования экономики.

$$\begin{cases} C_t = a_1 + a_2 \cdot Y_t + u_t \\ Y_t = C_t + I_t \end{cases}$$

3) Макроэкономическая модель имеет следующий вид:

$$\begin{cases} C_t = a_1 + a_2 \cdot Y_t + u_{t1} \\ I_t = b_1 + b_2 \cdot Y_t + u_{t2} \\ Y_t = C_t + I_t + G_t \end{cases}$$

4) Экономика страны описывается моделью следующего вида:

$$\begin{cases} C_t = a_0 + a_1 \cdot Y_t + a_2 \cdot C_{t-1} + u_{t1} \\ I_t = b_0 + b_1 \cdot Y_t + b_2 \cdot U_{t-1} + u_{t2} \\ Y_t = C_t + I_t + G_t \end{cases}$$

5) Имеется макроэконометрическая модель в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} C_t = a_0 + a_1 \cdot Y_t + a_2 \cdot C_{t-1} + a_3 \cdot Y_{t-1} + u_{t1} \\ I_t = b_0 + b_1 \cdot Y_t + b_2 \cdot U_{t-1} + u_{t2} \\ \mathbf{Im}_t = c_0 + c_1 \cdot Y_t + c_2 \cdot \mathbf{Im}_{t-1} + u_{t3} \\ Y_t = C_t + I_t - \mathbf{Im}_t + G_t \end{cases}$$

6) Модель макроэкономики описывается моделью вида:

$$\begin{cases} C_t = a_0 + a_1 \cdot Y_t + a_2 \cdot C_{t-1} + u_{t1} \\ I_t = b_0 + b_1 \cdot Y_t + b_2 \cdot U_{t-1} + u_{t2} \\ \mathbf{Im}_t = c_0 + c_1 \cdot Y_t + c_2 \cdot \mathbf{Im}_{t-1} + c_3 \cdot C_{t-1} + u_{t3} \\ Y_t = C_t + I_t - \mathbf{Im}_t + G_t \end{cases}$$

7) Макроэкономика представлена моделью в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} C_t = a_0 + a_1 \cdot Y_t + a_2 \cdot C_{t-1} + u_{t1} \\ I_t = b_0 + b_1 \cdot Y_t + b_2 \cdot U_{t-1} + b_3 \cdot C_t + u_{t2} \\ \mathbf{Im}_t = c_0 + c_1 \cdot Y_t + c_2 \cdot \mathbf{Im}_{t-1} + u_{t3} \\ Y_t = C_t + I_t - \mathbf{Im}_t + G_t \end{cases}$$

8) Эконометрическая модель представлена следующей взаимозависимой системой:

$$\begin{cases} C_t = a_0 + a_1 \cdot Y_t + a_2 \cdot C_{t-1} + u_{t1} \\ I_t = b_0 + b_1 \cdot Y_t + b_2 \cdot U_{t-1} + u_{t2} \\ \mathbf{Im}_t = c_0 + c_1 \cdot Y_t + c_2 \cdot C_{t-1} + u_{t3} \\ Y_t = C_t + I_t - \mathbf{Im}_t + G_t \end{cases}$$

9) Для описания макроэкономики страны используется следующая система уравнений:

$$\begin{cases} C_t = a_0 + a_1 \cdot Y_t + u_{t1} \\ I_t = b_0 + b_1 \cdot Y_t + b_2 \cdot U_{t-1} + u_{t2} \\ Im_t = c_0 + c_1 \cdot Y_t + c_2 \cdot C_{t-1} + u_{t3} \\ Y_t = C_t + I_t - Im_t + G_t \end{cases}$$

10) Эконометрическая модель, описывающая макроэкономику страны определена как:

$$\begin{cases} C_t = a_1 + a_2 \cdot Y_t + a_3 \cdot C_{t-1} + u_{t1} \\ I_t = b_1 + b_2 \cdot Y_t + u_{t2} \\ Y_t = C_t + I_t + G_t. \end{cases}$$

где C_t – личное потребление в постоянных ценах; Im_t – импорт; Y_t – национальный доход; I_t – частные чистые инвестиции и основной капитал (без резерва инвестиций); U_t – доходы населения, получаемые от предпринимательской деятельности, дивиденды и нераспределенная прибыль предприятий до налогообложения; G_t – государственные расходы плюс госуд. чистые инвестиции и основной капитал плюс изменения в товарных запасах плюс экспорт минус косвенные налоги плюс субсидии.

Исходные данные для выполнения лабораторной работы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные ряды данных для макроэкономических моделей за 18 лет

t	C_t	Im_t	Y_t	I_t	U_t	G_t
1	226.370	57.430	308.599	95.120	119.769	114.952
2	239.930	62.780	327.563	101.290	119.183	117.262
3	252.990	69.620	344.420	104.040	120.745	125.271
4	260.370	72.760	352.998	102.850	120.166	135.570
5	273.340	79.340	378.819	112.390	130.394	148.274
6	292.110	90.630	401.523	118.770	135.386	161.670
7	300.620	93.280	411.201	120.350	134.784	166.521
8	303.630	91.950	406.023	112.610	134.638	167.360
9	317.390	103.100	442.000	116.600	153.716	198.331
10	342.410	119.820	477.637	129.280	159.886	210.225
11	367.550	138.440	533.110	143.030	169.760	229.320
12	386.800	150.780	562.388	154.180	172.265	229.216
13	402.240	161.170	583.098	161.120	177.165	238.949
14	412.480	166.090	609.915	161.640	178.511	267.457
15	413.790	172.140	611.528	140.350	168.915	298.759
16	425.930	178.110	600.410	133.980	168.410	285.825
17	441.680	197.840	628.388	143.250	187.140	319.534
18	445.500	206.290	643.152	151.460	190.510	323.784

где C_t – личное потребление в постоянных ценах; Im_t – импорт; Y_t – национальный доход; I_t – частные чистые инвестиции и основной капитал (без резерва инвестиций); U_t – доходы населения, получаемые от предпринимательской деятельности, дивиденды и нераспределенная прибыль предприятий до налогообложения; G_t – государственные расходы плюс госуд. чистые инвестиции и основной капитал плюс изменения в товарных запасах плюс экспорт минус косвенные налоги плюс субсидии.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1) Цель работы;
- 2) постановка задачи;
- 3) список экзогенных и эндогенных переменных;
- 3) описание модели в матричном виде;
- 4) приведенная форма системы одновременных уравнений;
- 5) результаты проверки системы на идентифицируемость и предлагаемый метод оценивания;
- 6) состоятельные оценки структурных параметров и коэффициент детерминации для каждого структурного уравнения системы;
- 7) МНК оценки структурных параметров и соответствующие коэффициенты детерминации для всех структурных уравнений;
- 8) сравнить пункты 6) и 7) и сделать выводы по выполнению работы.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) В чем состоит сущность такого инструмента, как системы одновременных уравнений?
- 2) Каковы основные особенности СОУ, отличающие его от КЛММР одного уравнения?
- 3) Какие методы оценивания применяются для получения оценок параметров структурной и приведенной форм СОУ?
- 4) Сравните методы оценивания параметров СОУ с точки зрения состоятельности и эффективности.
- 5) Можно ли использовать СОУ для прогноза будущих состояний переменных?
- 6) Какие существуют типы СОУ?
- 7) Приведите характерные примеры экономических или социальных объектов, описываемых СОУ.
- 8) Какие методы исследования можно использовать для анализа свойств структурных параметров СОУ?
- 9) Можно ли преобразовать СОУ к одному разностному уравнению?
- 10) В чем состоят основные преимущества и недостатки СОУ по сравнению с другими математическими моделями?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. Учебник для вузов/ С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022с.
- 2) Горобец А.Д. Синтез оптимальной системы одновременных уравнений для экономики Севастопольского региона / А.Д. Горобец // Вестник СевГТУ. – Севастополь, 2001. - Вып. №33 – С. 95 – 99.
- 3) Грубер Й. Эконометрия, том 1. Введение в эконометрию/ Й. Грубер. – Киев: Астарта, 1996. – 400с.
- 4) Грубер Й. Эконометрия, том 2. Эконометрические прогнозные и оптимизационные модели/ Й. Грубер. - Киев: «Нічлава», 1999.— 308 с.
- 5) Джонстон Дж. Эконометрические методы./ Дж. Джонстон. - М.: Статистика, 1980. – 450с.
- 6) Магнус Я. Эконометрика. Начальный курс/ Я. Магнус, П.К. Катышев, А.А. Пересецкий. - М.: Дело, 1997. – 248с.
- 7) Маленво Э. Статистические методы эконометрии, выпуск 2/ Э. Маленво. - М.: Статистика, 1976. - 330с.
- 8) Тейл Г. Прикладное экономическое прогнозирование./ Г. Тейл. – М.: Прогресс, 1970. – 520с.
- 9) Тихомиров Н.П. Эконометрика: Учеб. для студ. Вузов, обуч. по спец. «Мат. методы в экономике» / Н.П. Тихомиров, Е.Ю. Дорохина; РЭА им. Г.В. ПЛЕХАНОВА. – М. Экзамен, 2003. – 512с.
- 10) Цуканов А.В. Идентификация объектов управления, описываемых системой одновременных уравнений / А.В. Цуканов, А.Д. Горобец // Оптимизация производственных процессов. – Севастополь, 1999. – Вып. №1. – С. 16-20.
- 11) Цуканов А.В. Информационный критерий синтеза оптимальной системы структурных моделей экономических систем / А.В. Цуканов, А.Д. Горобец // Вестник СевГТУ. – Севастополь, 1999. - Вып. №19. - С. 10-14.
- 12) Эконометрика: Учеб. для студ. Вузов, обучающихся по спец. 061700 «Статистика»/ Под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 339с.

