

Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»  
Факультет прикладной математики и кибернетики  
Кафедра математической статистики и системного анализа  
Направление 09.03.03 – «Прикладная информатика»  
Профиль «Прикладная информатика в экономике»

## ВЫПУСКНАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Модель целевого управления процессом развития легкой  
промышленности Тверского региона

Автор:  
Мищенко Андрей Анатольевич  
Научный руководитель:  
к. ф.-м. н., доцент,  
Лесик Александра Ильинична

Допущен к защите:

Руководитель ООП:

\_\_\_\_\_ / Язенин А.В./  
(подпись, дата)

Заведующий кафедрой: математической статистики и системного анализа  
(наименование)

\_\_\_\_\_ /В.Н. Михно/  
(подпись, дата)

Тверь 2017

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>1. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ И ТВЕРСКОГО РЕГИОНА</b>	<b>4</b>
<b>2. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ТВЕРСКОГО РЕГИОНА .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. ОБЩИЙ ВИД МОДЕЛИ .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ РАЗНОСТНОЙ МОДЕЛИ. ....</b>	<b>12</b>
<b>3. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТВЕРСКОГО РЕГИОНА .....</b>	<b>13</b>
<b>4. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1. Постановка задачи оптимального управления .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2. Поиск оптимального управления.....</b>	<b>20</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>23</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>24</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ДАННЫЕ ТВЕРЬСТАТ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ ПОСТРОЕНИИ МОДЕЛИ</b>	<b>26</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ В STATGRAPHICS. ....</b>	<b>28</b>

## **Введение**

Для развития легкой промышленности Тверского региона актуальной является задача формирования экономических механизмов развития отраслей промышленности. В выпускной квалификационной работе предлагается формализация задачи, основанной на построении линейной разностной модели управления процессом развития легкой промышленности Тверского региона. Исследование опиралось на [16], в которой рассмотрено управление легкой промышленностью РФ, а также на данные Тверьстата.[9,10]

Цель исследования – построить модель целевого управления легкой промышленностью Тверского региона.

Задачи исследования:

- изучить состояние легкой промышленности Тверского региона;
- выбрать показатели для оценки состояния легкой промышленности;
- собрать данные о экономическом состоянии легкой промышленности Тверского региона;
- построение эконометрических моделей для выбранных показателей;
- формализовать задачу оптимального управления процессом развития легкой промышленности Тверского региона;
- изучить необходимые программные средства;
- построить пример решения задачи оптимального управления;

Объектом исследования является легкая промышленность Тверского региона, а предметом – состояние легкой промышленности Тверского региона и пути его улучшения.

## **1. Обзор состояния легкой промышленности в России и Тверского региона**

Легкая промышленность — это совокупность более чем 20 подотраслей, которые могут быть объединены в три основные группы:

- текстильная, в том числе льняная, хлопчатобумажная, шерстяная, шелковая, трикотажная. В эту же группу включаются первичная обработка льна, шерсти и пр., производство нетканых материалов, сетевязальная промышленность, валяльно-войлочная, производство текстильной галантереи и др.;
- швейная, включающая в себя производство одежды, других швейных изделий бытового назначения из тканей, трикотажных полотен, натуральных и искусственных кожи, меха и других материалов;
- кожевенно-обувная, производящая кожаную, текстильную, резиновую обувь. [12]

Основной группой является текстильная промышленность, обладающая самой высокой долей в обороте легкой промышленности. В мире лидирует Китай, который производит около третьей части мирового производства продукции легкой промышленности и поставляет товаров на 1,624 млрд. долларов в РФ, являясь главным поставщиком продукции легкой промышленности из-за рубежа. [11] Данные об объеме импортируемой продукции легкой промышленности в денежном выражении приведены на рис. 1.



Рис. 1. Импорт одежды из ткани в РФ, млн. долларов США

В Европейской легкой промышленности лидирует Италия. Доля России в мировом обороте составляет 1,9%. В случае разрыва международных связей, потребности рынка не смогут быть удовлетворены российскими предприятиями. Данные удовлетворения потребностей рынка легкой промышленности РФ представлены на рис. 2. [11]

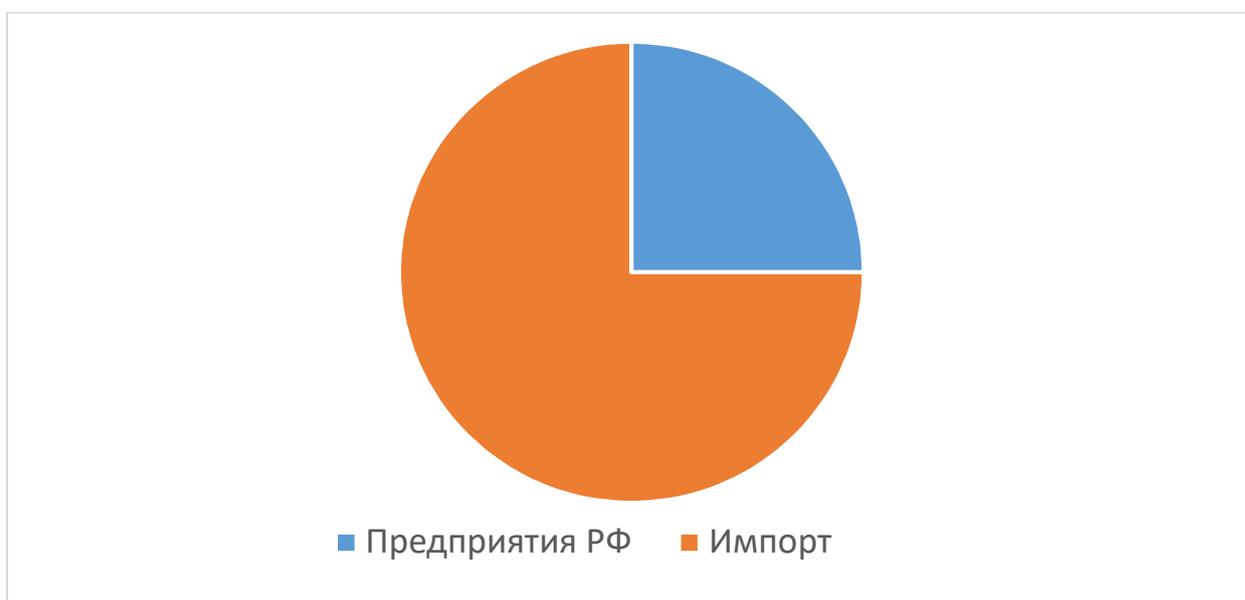


Рис. 2. Удовлетворение потребностей рынка легкой промышленности

Лидерами среди российских предприятий являются:

- ОАО «Маяк» (Нижегородская область, производство пальто);

- ЗАО «Корпорация Глория Джинс» (Ростовская область, производство курток);
- ЗАО Псковская швейная фабрика «Славянка» (производство костюмов);
- ЗАО «Корпорация Глория Джинс» (Ростовская область, производство платьев и сарафанов);
- ЗАО «Корпорация Глория Джинс» (Ростовская область, производство брюк, шорт и бриджей);
- ЗАО «Русская кожа» (Рязанская область, производство хромовых кож);
- ООО «Вахруши-юфть» (Кировская область, производство юфтевых кож);
- ООО «Шевро» (Воронежская область, производство жестких кож);
- ООО «Брис-Босфор» (Краснодарский край, производство обуви);
- ООО «Логистик информ» (г. Санкт-Петербург, производство кожгалантерейных изделий). [11]

Крупнейшая подотрасль легкой промышленности в Тверской области — текстильная. В середине 19 века хлопчатобумажные фабрики стали первыми крупными предприятиями Тверской области. На них пряли, ткали и отделывали ткани. Технологический процесс был разделен на несколько фабрик. Только на Морозовской мануфактуре (Тверь) производился полный цикл работ. Изначально основную долю сырья доставляли из-за рубежа, но впоследствии удалось перейти на отечественное сырье. Ткани Морозовской мануфактуры обладали исключительным качеством, а также они не линяли при стирке, что делало продукцию данного предприятия одной из самых востребованных на российском рынке.

Сейчас хлопчатобумажные ткани производятся на прядильно-ткацкой фабрике имени Вагжанова (Тверь, производит суровые хлопчатобумажные ткани, которые затем обрабатываются на Тверском хлопчатобумажном комбинате), 2 хлопчатобумажных комбинатах (Тверь и Вышний Волочек), предприятиях «Пролетарский авангард» и «Парижская комунна» (Вышний Волочек).

Тверской хлопчатобумажный комбинат дает Тверской области около 10 тыс. рабочих мест, что делает его одним из крупнейших предприятий региона. На нем производятся хлопчатобумажные, штапельные ткани и пряжа. Сырье (штапельное волокно) поставляется комбинатом «Химволокно».

Помимо хлопчатобумажных тканей, фабрика им. Вагжанова производит суровые шелковые ткани, которые в дальнейшем обрабатываются на Московских фабриках. Сырье поставляется, как и в случае с Тверским хлопчатобумажным комбинатом, комбинатом «Химволокно»

Козловская тонкосуконная фабрика (Конаковский район) и Тверской камвольный комбинат производят чистошерстяные и камвольные ткани. Также на Тверском камвольном комбинате производятся шерстяные ткани и пряжа. Продукция данного предприятия используется не только в Тверской области, но и в других регионах страны.

В 4 городах есть трикотажные фабрики (Тверь, Кимры, Вышний Волочек, Рамешки), фетровая фабрика располагается в поселке Новозавидовском. В Твери, Бологом, Торопце, Кимрах, Нелидове, Кашине, Торжке, Старице, Красном Холме, Удомле, Калязине, Весьегонске расположены швейные фабрики, производящие мужские, женские, детские костюмы, брюки, пиджаки и другую одежду. Ватные куртки, подушки, одеяла и другую подобную продукцию производят в Старице и Весьегонске.

Первые кожевенные производства России возникли в Осташкове, Кимрах и Петербурге. Причем Осташковский кожзавод и по сей день остается достаточно крупным предприятием кожевенной подотрасли легкой промышленности. Помимо Осташкова, кожевенно-обувная промышленность представлена фабриками «Модельная обувь» и «Кожобувь», а также сапоговаяльная фабрика в Калязине, предприятием «Красная звезда» в Кимрах, предприятиями в Торжке, Торопце, Твери.

В Тверской области доля легкой промышленности составляет всего 5,5% от обрабатывающих производств и всего 0,92% от ВРП Тверского региона в целом по состоянию на 2014 год. [15]. Данные о структуре промышленного производства в Тверской области представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Структура промышленного производства в Тверском регионе

Виды экономической деятельности	Тысяч рублей	В процентах к
	период с начала года	соответствующему периоду прошлого года
<b>Обрабатывающие производства</b>	<b>175090552</b>	<b>99,9</b>
Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	40869806	111,7
Текстильное и швейное производство	5848699	108,6
Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	3935133	76,9
Обработка древесины и производство изделий из дерева	7020890	122,9

Продолжение таблицы 1

Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	9602086	120,5
Производство кокса и нефтепродуктов	***	211
Химическое производство	4847439	77,6
Производство резиновых и пластмассовых изделий	13444052	101,1
Производство прочих неметаллических минеральных продуктов	9694430	110,4
Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	9431754	109,9
Производство машин и оборудования (без производства оружия и боеприпасов)	13411988	117,4
Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	9880134	113,9
Производство транспортных средств и оборудования	39365862	80

Продолжение таблицы 1

Прочие производства	***	62,4
---------------------	-----	------

Таким образом можно сделать вывод, что легкая промышленность Тверского региона испытывает значительные трудности. Для улучшения сложившейся ситуации предлагается решить задачу целевого управления процессом развития легкой промышленности тверской области. Данная задача решается с помощью линейной разностной модели с последствием, предлагаемой в главе 2.

## 2. Модель управления легкой промышленностью Тверского региона

### 2.1. Общий вид модели

Пусть  $J = \{t_0, t_1, \dots, t_k\}$ ,  $0=t_0 < t_1 < \dots < t_k=T$  – множество моментов времени, в которые наблюдаются показатели экономического субъекта и в которые возможно осуществление управления;  $T$  – период управления моделью;  $x(t_i) \in \mathbb{R}^n$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$  – вектор-столбец фазовых переменных, характеризующих состояние экономического субъекта в момент времени  $t_i$ .  $u(t_i) \in \mathbb{R}^r$ ,  $i=1,2,\dots,k$  – вектор-столбец управляющих переменных в момент времени  $t_i$ . Аналогично [12], включим в модель следующие компоненты:

- Система уравнений динамики, определяющая взаимосвязи фазовых и управляющих переменных:

$$x(t_i) = \sum_{j=0}^{i-1} A_{ij} x(t_j) + \sum_{j=1}^i B_{ij} u(t_j) + g(t_i), \quad i=1,2,\dots,k, \quad (1)$$

где  $A_{ij}$ ,  $j = \overline{0, l-1}$ ,  $i = \overline{1, k}$  – матрицы размера  $(n \times n)$ .  $B_{ij}$ ,  $j = \overline{1, l}$ ,  $i = \overline{1, k}$  – матрицы размера  $(n \times r)$ ,  $g(t_i) \in \mathbb{R}^n$ .

- Начальные значения фазовых переменных:  $x(t_0) = \alpha \in \mathbb{R}^n$ . (2)
- Линейные ограничения на значения фазовых и управляющих переменных:

$$\sum_{i=1}^k V_i x(t_i) + \sum_{j=1}^k H_j u(t_j) \leq \gamma \in \mathbb{R}^N, \quad (3)$$

где  $V_i$ ,  $i = \overline{1, k}$  – постоянные  $(N \times n)$  матрицы,  $H_j$ ,  $j = \overline{1, k}$  – постоянные  $(N \times r)$  матрицы.

В виде ограничения (3) представимы:

1. Допустимые интервалы изменения переменной:  $\underline{u}(t_i) \leq u(t_i) \leq \overline{u}(t_i)$
2. Ограничения на динамику показателя:  $x_i(t_j) \leq x_i(t_{j+1})$ ,  $j = 1, 2, \dots, k-1$ .

## 2.2. Постановка задачи оптимального управления для линейной разностной модели.

Уравнения (1) - (3) задают динамику системы в зависимости от начальных значений фазовых переменных и управления с учетом ограничений, наложенных на фазовые и управляющие переменные.

Поиск оптимального управления возможен лишь при наличии некоторого функционала, который в данном случае определим следующим образом:

$$Z = \sum_{i=1}^k c_i x(t_i) + \sum_{j=1}^k d_j u(t_j), \quad (4)$$

где  $c_i$ ,  $i = \overline{1, k}$  – вектор-строки размерности  $n$  (значения фазовых переменных);  $d_j$ ,  $j = \overline{1, k}$  – вектор-строки размерности  $r$  (значения управляющих переменных).

В итоге ставится задача поиска управления, максимизирующего функционал (4) при условиях (1) - (3).

### 3. Построение модели развития легкой промышленности Тверского региона

#### 3.1. Формализация задачи

Эконометрическая модель легкой промышленности Тверского региона построена с помощью приложения StatGraphics Centurion XVI и Microsoft Excel на основе квартальных данных Тверьстата в период с 1 квартала 2012 г. по 4 квартал 2016 г. [1,2] Данные представлены в приложении 1.

Рассмотрим формальное описание задачи. В качестве эндогенных переменных, описывающих легкую промышленность Тверского региона, рассматривались показатели: индекс промышленного производства, объем инвестиций в основной капитал, импорт отгруженной продукции отрасли, индекс цен производителей. В качестве управляющих переменных были выбраны регулируемые на региональном уровне тарифы на грузоперевозки и электроэнергию. Экзогенной переменной стал уровень курса доллара США. Все индексы будем рассматривать поквартально.

Определяющим показателем развития отрасли является индекс промышленного производства. Этот факт позволил принять модель данной переменной за основу и построить модель для данного показателя на первом этапе. Модели эндогенных переменных, являющихся объясняющими в первой модели, будут построены на последующих этапах.

Поскольку введенные переменные несопоставимы в абсолютном выражении, перейдем к относительным значениям по показателям. Это позволит устранить влияние автокорреляции и сезонности. Относительные значения будем определять в форме индексов [14].

$x_0(t)$  - Индекс промышленного производства [ИПП] (относительный показатель, характеризующий изменение масштабов производства в сравниваемых периодах. Индекс производства используется при анализе динамики физического объема продукции.)

Фазовые эндогенные переменные:

$x_1(t)$  - Инвестиции в основной капитал (совокупность затрат, направленных на строительство, реконструкцию (включая расширение и модернизацию) объектов, которые приводят к увеличению их первоначальной стоимости, приобретение машин, оборудования, транспортных средств, производственного и хозяйственного инвентаря, на формирование рабочего, продуктивного и племенного стада, насаждение и выращивание многолетних культур). [2, 6]

$x_2(t)$  - Импорт отгруженной продукции отрасли (объем ввозимой продукции в область из-за рубежа (других областей)).

Фазовые экзогенные переменные:

$g_1(t)$  – официальный курс рубля к доллару США.

Управляющие переменные:

$u_1(t)$  – индекс цен на грузоперевозки в Тверской области.

$u_2(t)$  – индекс цен на электроэнергию в Тверской области.

$u_3(t)$  - Индекс потребительских цен [ИЦП] (один из видов индексов цен, созданный для измерения среднего уровня цен на товары и услуги (потребительской корзины) за определённый период в экономике). [1]

### **3.2. Построение эконометрических моделей**

Проведем эконометрический анализ рассматриваемых индексов. Корреляционный анализ проводился с помощью MS Excel 2016.

Результаты корреляционного анализа в MS Excel 2016 представляют собой коэффициенты корреляции Пирсона, вычисляемые по формуле

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Коэффициенты вычислены с помощью средства «Корреляция» в MS Excel 2016 и представлены на рисунке 2.

	ИПП	Инвестиции в основной капитал	импорт	ИПЦ	курс доллара	перевозки	электроэнергия
ИПП	1						
Инвестиции в основной капитал	-0,373615929	1					
импорт	-0,159933545	0,790170701	1				
ИПЦ	-0,437978863	0,727757817	0,786992207	1			
курс доллара	-0,194761343	-0,266089623	-0,444262833	-0,26330315	1		
перевозки	-0,089801158	0,257773067	0,112636393	0,150441126	-0,026534596	1	
электроэнергия	-0,068906275	0,133198522	0,197161222	0,270138691	0,20390092	-0,211877368	1

Рис. 2. «Результаты корреляции в Excel»

На рис. 2 видно, что сильные зависимости есть между инвестициями в основной капитал и импортом, инвестициями в основной капитал и ИПЦ, ИПЦ и импортом, т.к.  $|r| > 0,6$ . Поскольку одновременные данные недостаточно зависимы, рассмотрим модель с последствием. С помощью множественной регрессии в StatGraphics была получена модель каждой фазовой эндогенной переменной:

- 1) Первым было получено уравнение зависимости индекса ИПП от остальных показателей. Результаты множественной регрессии представлены на рис. 3.

Multiple Regression - lag(x0;-1)

Parameter	Estimate	Standard Error	T	P-Value
CONSTANT	2,59787	1,59439	1,62938	0,1272
x1	0,0862719	0,0600363	1,437	0,1743
x3	-0,35495	0,119809	-2,96263	0,0110
lag(u2;-1)	-0,266456	1,47895	-0,180165	0,8598
g1	-0,453518	0,18391	-2,46597	0,0283
lag(u1;-1)	-0,607396	0,208212	-2,91721	0,0120

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0,0838085	5	0,0167617	3,69	0,0269
Residual	0,0591007	13	0,00454621		
Total (Corr.)	0,142909	18			

R-squared = 58,6446 percent  
 R-squared (adjusted for d.f.) = 42,7386 percent  
 Standard Error of Est. = 0,0674256  
 Mean absolute error = 0,0445681  
 Durbin-Watson statistic = 2,49365 (P=0,9014)  
 Lag 1 residual autocorrelation = -0,273217

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a multiple linear regression model to describe the relationship between lag(x0;-1) and 5 independent variables. The equation of the fitted model is

$$\text{lag}(x0;-1) = 2,59787 + 0,0862719 * x1 - 0,35495 * x3 - 0,266456 * \text{lag}(u2;-1) - 0,453518 * g1 - 0,607396 * \text{lag}(u1;-1)$$

Рис. 3. «Результаты множественной регрессии в StatGraphics»

$$x_0(t) = 2.598 + 0.086 * x_1(t - 1) - 0.355 * x_2(t - 1) - 0.266 * u_1(t) - 0.454 * g_1(t - 1) - 0.607 * u_3(t) \quad (5)$$

Коэффициент детерминации в данном уравнении равен 58,3%, что свидетельствует о том, что факторы данной модели объясняют 58,3% вариации ИПП и модель может быть использована для объяснения данной переменной.

- 2) Следующим было получено уравнение зависимости индекса размера инвестиций в основной капитал. Результаты работы множественной регрессии представлены на рис. 4.

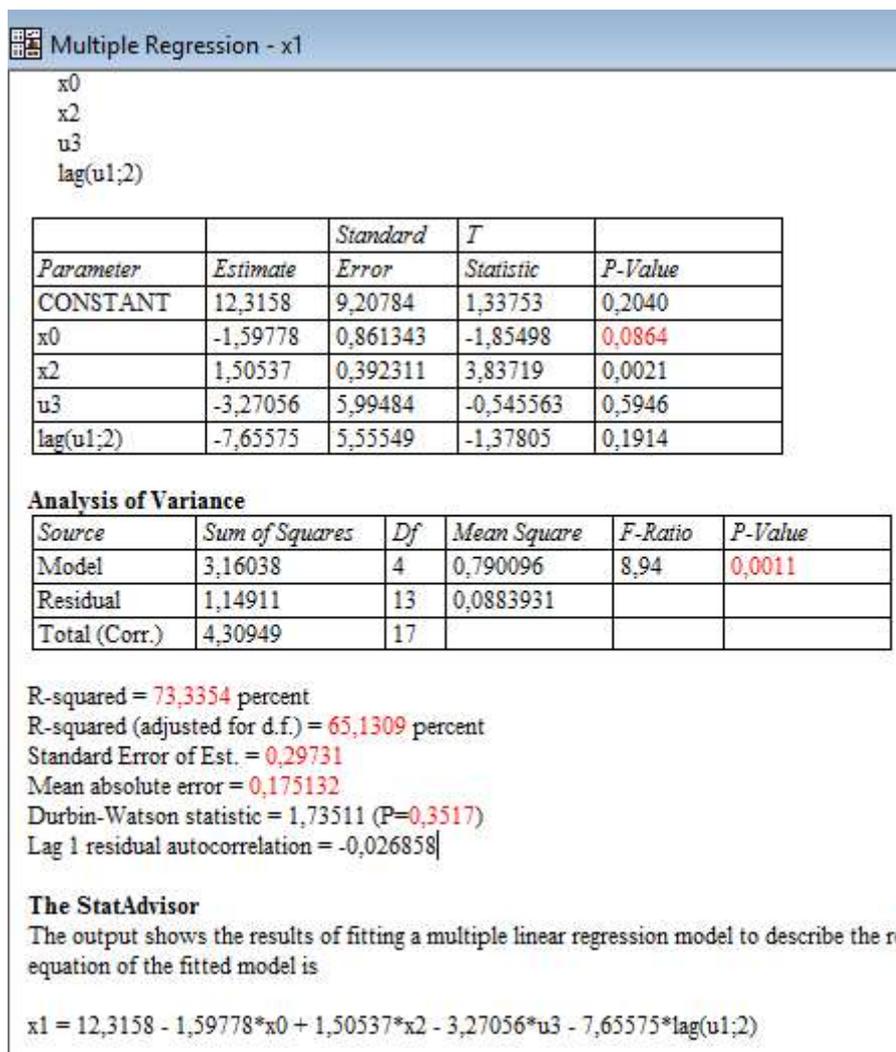


Рис. 4. «Результаты множественной регрессии в StatGraphics»

$$x_1(t) = 12.316 - 1.598 * x_0(t) + 1.505 * x_2(t) - 7.656 * u_1(t - 2) - 3.271 * u_3(t) \quad (6)$$

Коэффициент детерминации в данном уравнении равен 65,1%, что свидетельствует о том, что факторы данной модели объясняют 65,1% вариации ИПП и модель достаточно надежна.

- 3) 3м пунктом стало получение уравнения зависимости индекса объема импортируемой продукции в Тверскую область от остальных показателей. Результаты работы множественной регрессии представлены на рис. 5.



экономического развития Тверской области, данные министерства экономического развития РФ и Тверской области. На основании прогнозных значений определяемые верхние и нижние оценки для управляющих переменных для каждого момента  $t$  находятся в интервале  $\underline{u}(t_i) \leq u(t_i) \leq \overline{u}(t_i)$ , а фазовые переменные не превышают определенного порогового значения  $x_i(t_j) \leq \overline{x_i}(t_i)$ ,  $i=1 \dots k$ .

Например, по ИПП годовые оценки сверху могут составить 1,35 на основе анализа исходных данных. В главе 4 представлены конкретные ограничения на каждую из управляющих и фазовых экзогенных переменных и поиск оптимального управления за определенный период.

## 4. Постановка задачи и поиск оптимального управления

### 4.1. Постановка задачи оптимального управления

В качестве целевого показателя выберем рост ИПП за период с I квартала 2016 года по IV квартал 2016 года. Данный показатель моделируется как среднее арифметическое от квартальных показателей за указанный период:

$$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_0(i), \quad (9)$$

где  $k$  – количество кварталов за рассматриваемый период,  $x_0(i)$  определяется уравнением (5).

Начальные значения фазовых переменных определим исходя из данных на III и IV квартал 2015 г. Динамика системы задается системой (8), описанной в главе 3. Для реализации возможности решения задачи зададим ограничения на фазовые и управляющие переменные:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_0(t) \leq 1.35, \\ x_1(t) \leq 2, \\ x_2(t) \leq 1.4, \\ 1 \leq u_1(t) \leq 1.2, \\ 1 \leq u_2(t) \leq 1.2, \\ 0.7 \leq u_3(t) \leq 1.1. \end{array} \right. \quad (10)$$

где  $t=1, \dots, k$ .

Таким образом, ставится задача управления: на период с I.2016 по IV.2016 года найти такие значения управляющих переменных, которые при выполнении ограничений (10) максимизируют функционал (9).

### 4.2. Поиск оптимального управления

Рассматривается следующая задача:

$$Z = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_0(i) \rightarrow \max \quad (11)$$

При ограничениях (10).

С использованием метода динамического программирования найдем оптимальное управление, максимизирующее функционал  $Z$ .

На каждом шаге для решения задачи используется инструмент «Поиск решений» MS Excel 2016, в результате были получены следующие оптимальные значения управляющих переменных  $u_1^*(t)$ ,  $u_2^*(t)$ ,  $u_3^*(t)$ , представленные в таблице 2. Ограничения и целевая функция представлены на рис. 6 и 7 соответственно.

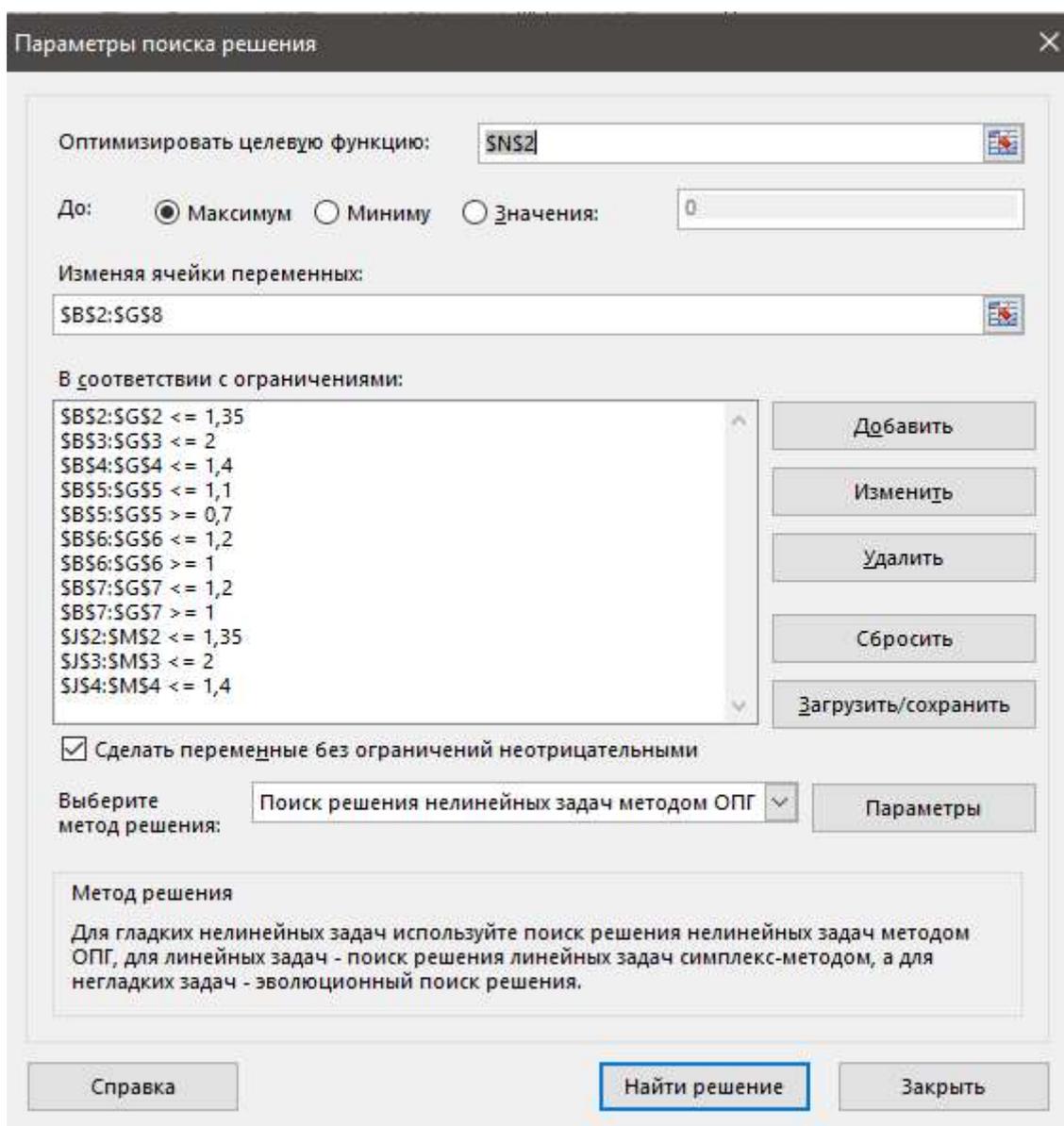


Рис. 6. «Задание ограничений и ячейки с целевой функцией в поиске решения MS Excel 2016»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		-1	0	1	2	3	4			1	2	3	4	
2	x0	0,97	0,89	1,31	0,95	1,01	0,95	1,187499		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
3	x1	1,58	1,93	0,31	1,87	1,47	1,07	0,897859		0,536779	0,536779	0,95663	0,896139	
4	x2	1,24	0,91	0,70	1,29	1,09	0,98	0,964585		0,768111	0,768111	1,11567	0,977166	
5	u3	1,02	0,96	0,70	0,70	0,70	0,92	0,314384						
6	u1	1,20	1,06	1,00	1,00	1,00	1,14	1,143817						
7	u2	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,012206						
8	g1	1,07	0,88	0,73	0,73	0,16	1,00	0,085948						

Рис. 7. Целевой функционал

Таблица 2 – Оптимальные значения управляющих переменных

	I кв. 2016	II кв. 2016	III кв. 2016	IV кв. 2016
$u_1^*(t)$	1,00	1,00	1,00	1,14
$u_2^*(t)$	1,00	1,01	1,00	1,00
$u_3^*(t)$	0,70	0,70	0,70	0,92

При данном управлении значение функционала  $Z$  максимально и составляет за данный период 1,35.

## Заключение

В рамках выпускной работы были решены следующие задачи:

- изучено состояние легкой промышленности Тверского региона;
- выбраны показатели для оценки состояния легкой промышленности;
- собраны данные о экономическом состоянии легкой промышленности Тверского региона;
- построены эконометрические модели для выбранных показателей;
- формализована задача оптимального управления процессом развития легкой промышленности Тверского региона;
- изучены необходимые программные средства;
- построен пример решения задачи оптимального управления.

В выпускной работе построена модель целевого управления процессом легкой промышленности Тверского региона.

Результаты проведенного исследования могут использоваться специалистами Министерства экономического развития Тверской области и другими региональными структурами при формировании прогнозов социально-экономического развития региона, а также при регулировании тарифов.

## Список литературы

1. Андрианов Д.Л., Селянин А.О., Шевыров П.В. и др. Целевое управление процессами социально-экономического развития субъектов Российской Федерации: моделирование, информационное, математическое и инструментальное обеспечение / Перм. гос. ун-т., Пермь, 2008. 240с.
2. Габасов, Р.Ф., Методы оптимизации / Габасов Р.Ф. - 2011. – 472 с.
3. Еремин И.И. Противоречивые модели оптимального планирования. М.: Наука, 1988. 160 с.
4. Карп Д.Б. «Эконометрика: основные формулы с комментариями». Учебно-методическое пособие. Владивосток, 2004. - 50 с.
5. Максимов В.П., Поносов Д.А., Чадов А.Л. Некоторые задачи экономикоматематического моделирования // Вестник Пермского университета. Сер. Экономика. 2010. Вып. 2(5). С. 45-50.
6. Материал из Википедии — свободной энциклопедии [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
7. Носко В.П., «Эконометрика», книга 1, Ч.1,2: учебник. — М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011. — 672 с.
8. Шанченко, Н. И. Лекции по эконометрике: учебное пособие / Ульяновск: УлГТУ. - 2008. – 139 с.
9. [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу: <http://www.gks.ru/region/ind1128/Main.htm>
10. [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу: <http://tverstat.gks.ru/>
11. [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу: <https://utmagazine.ru/posts/10564-ekonomika-rossii-cifry-i-fakty-chast-11-legkaya-promyshlennost>
12. [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу: <http://www.studfiles.ru/preview/5714982/page:23/>
13. [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу: <http://biz-anatomy.ru/vse-stati/investicii/investicii-v-osnovnoj-kapital-chto-eto>

14. [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу:  
<http://infopedia.su/18xc451.html>
15. [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу:  
<http://minpromit.tver.ru/deyatelnost-iogv/napravleniya/promyshlennost/promyshlennost-tverskoy-oblasti.php>
16. [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу: [http://www.psu.ru/files/docs/ob-universitete/smi/nauchnyj-zhurnal/economy/2011\\_4.pdf](http://www.psu.ru/files/docs/ob-universitete/smi/nauchnyj-zhurnal/economy/2011_4.pdf)

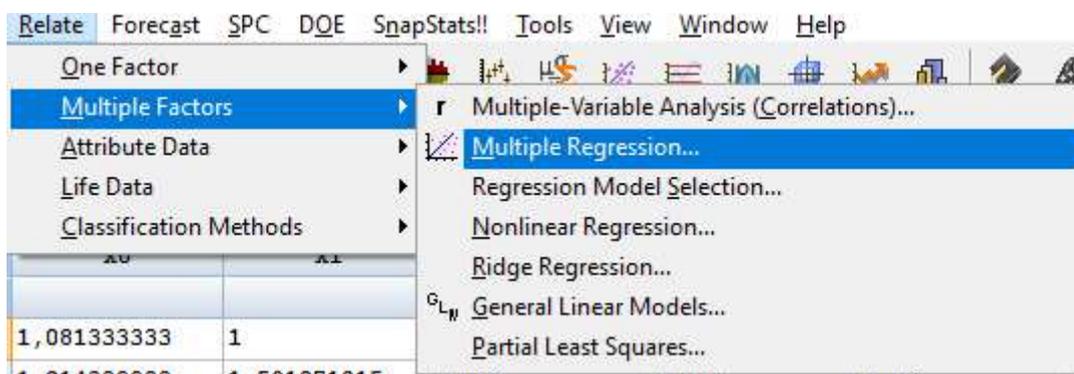
**Приложение 1. Данные Тверьстат, использованные при построении модели**

ИПП	Инвестиции в основной капитал(по отношению к предыдущему периоду)	Импорт(по отношению к предыдущему периоду)	ИПЦ
1,08	1,00	1,00	1,00
1,01	1,59	1,08	1,02
0,97	1,21	1,34	1,02
1,03	1,28	1,17	0,96
1,01	0,47	0,84	0,90
1,01	1,42	1,10	1,00
1,06	1,24	0,99	1,04
0,99	1,06	1,12	0,96
1,02	0,41	0,70	0,93
1,02	1,60	1,25	1,01
1,01	1,63	1,00	1,00
1,01	1,18	1,02	0,99
0,92	0,29	0,35	0,73
1,15	1,31	1,08	0,92
0,97	1,58	1,24	1,02
0,89	1,85	1,00	0,96
1,31	0,31	0,70	0,70
0,95	1,87	1,29	1,02
1,01	1,47	1,09	0,96
0,95	1,07	0,98	1,03

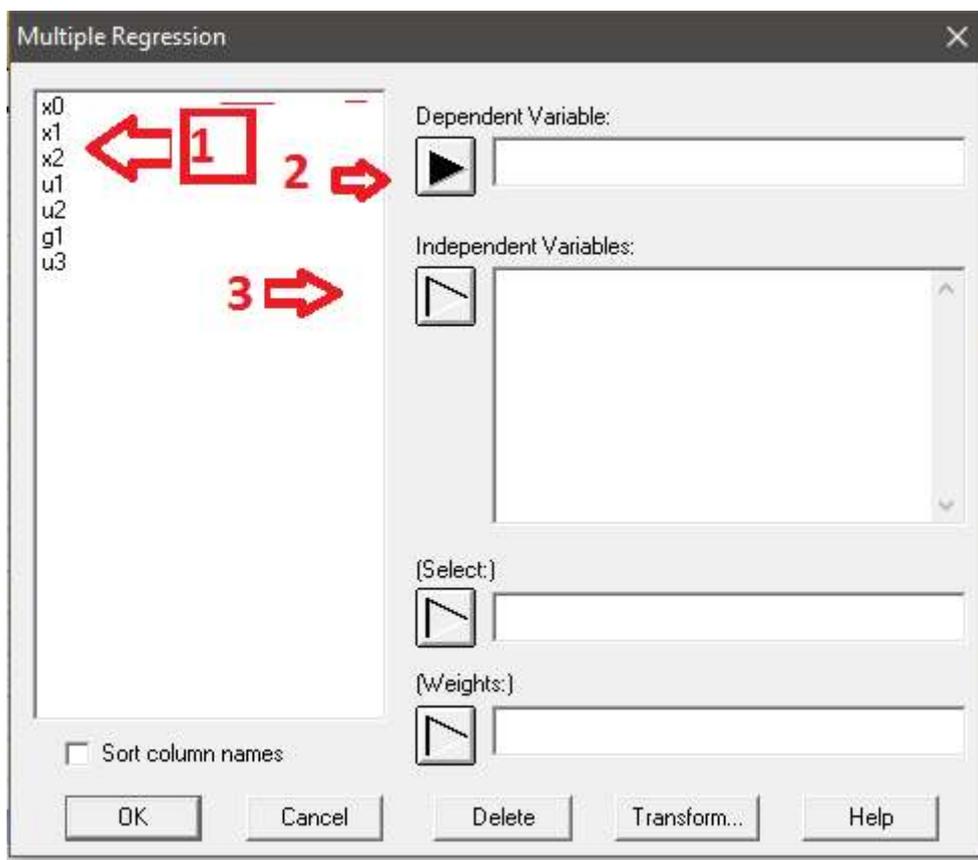
Индекс цен на грузоперевозки	Курс доллара(по отношению к предыдущему периоду)	Индекс цен на электроэнергию для предприятий
1,00	1,00	1,00
1,03	1,07	1,00
1,00	1,01	1,06
1,00	0,97	1,00
1,00	0,99	1,00
1,05	1,04	1,00
1,00	1,03	1,12
1,00	0,99	1,00
1,00	1,09	1,00
1,00	0,97	1,00
1,00	1,08	1,00
1,00	1,33	1,03
1,01	1,27	1,01
1,00	0,85	1,00
1,00	1,20	1,07
1,00	1,06	1,00
1,00	1,07	1,00
1,01	0,89	1,00
1,00	1,00	1,07
1,00	0,97	1,00

## Приложение 2. Инструкция по использованию множественной регрессии в StatGraphics.

1. Выбрать пункт меню **Relate**→**Multiple Factors**→**Multiple Regression**



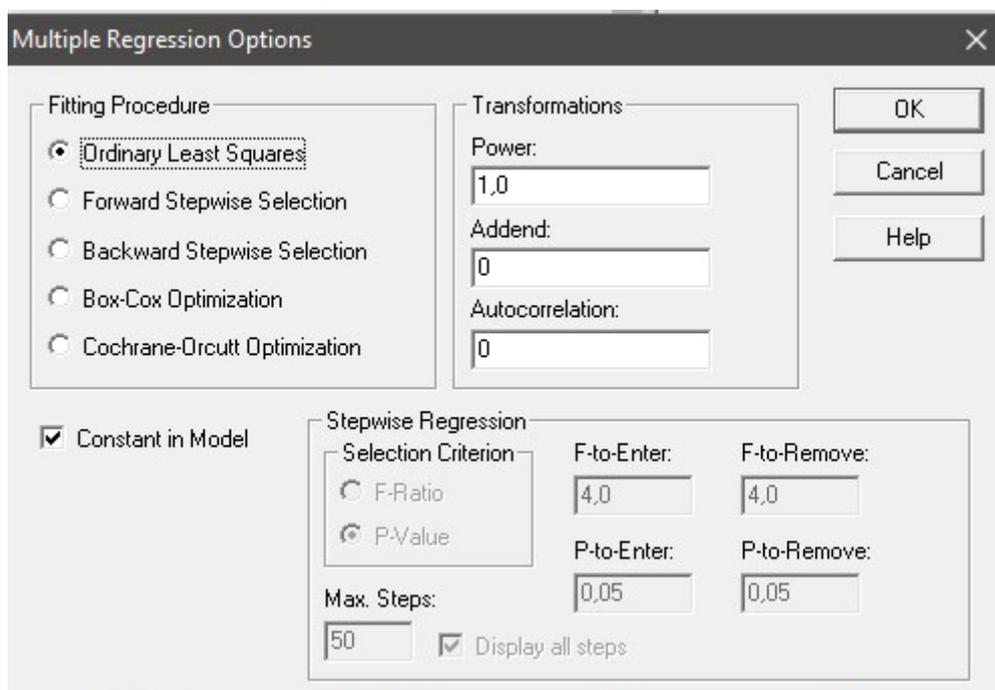
2. В появившемся окне выделить в левой части (стрелка 1 на экране) зависимую переменную.



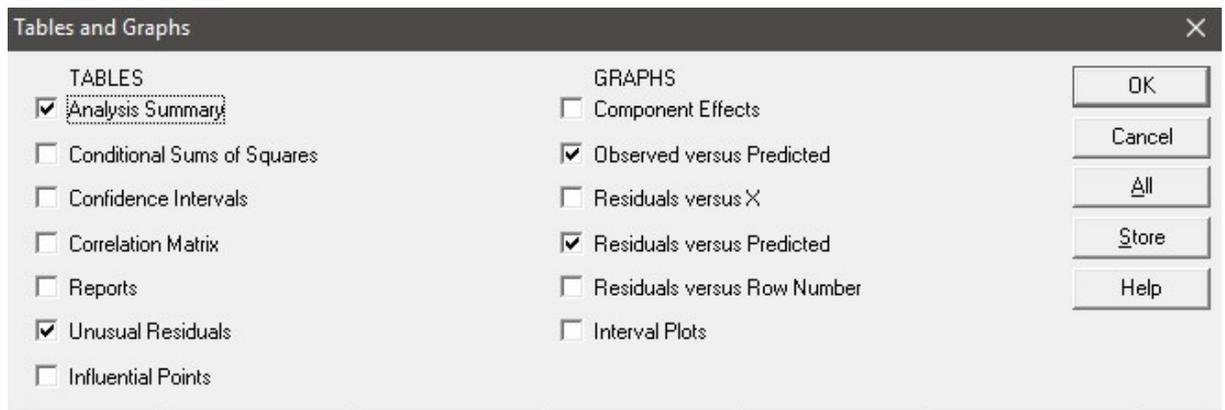
Затем нажать на черную стрелку (цифра 2 на скриншоте). Переменная будет помещена в строку **Dependent Variable** (зависимая переменная). Далее выбрать нужные факторные переменные в левом столбце и с

помощью стрелки (цифра 3 на скриншоте) перенести их в список Independent Variables (независимые переменные). Нажать ОК.

3. В появившемся окне выбрать метод регрессии, при необходимости задать оптимизацию для данных с помощью коэффициентов Power, Addend, Autocorrelation, отметить галочкой наличие константы в модели, если необходимо и в случае выбора пошаговой регрессии (Forward Stepwise Selection и Backward Stepwise Selection) выбрать критерий выбора переменных (Selection Criterion – F-Ratio (F-распределение) или P-Value), а также показатели критериев для перехода к следующей переменной, количество шагов и отметить галочкой отображение всех шагов при необходимости. Нажать ОК.



4. Далее появляется окно Tables and Graphs. В данном окне можно выбрать, какие таблицы и графики будут отображаться.



После выбора нужных графиков нажать ОК. Появится результат множественной регрессии. Окно результата состоит из 2 частей – таблиц и графиков.

**Multiple Regression - x2**

**Multiple Regression - x2**  
 Dependent variable: x2  
 Independent variables:  
 x1  
 g1

		<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
CONSTANT	1,14248	0,332005	3,44114	0,0031
x1	0,342887	0,067137	5,10727	0,0001
g1	-0,511369	0,287514	-1,77859	0,0932

**Analysis of Variance**

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Model	0,695051	2	0,347526	18,34	0,0001
Residual	0,322145	17	0,0189497		

**Unusual Residuals**

		<i>Predicted</i>		<i>Studentized</i>
<i>Row</i>	<i>Y</i>	<i>Y</i>	<i>Residual</i>	<i>Residual</i>
3	1,34	1,04151	0,298485	2,57
13	0,35	0,593399	-0,243399	-2,52

**The StatAdvisor**  
 The table of unusual residuals lists all observations which have Studentized residuals greater than 2 in absolute value. Six many standard deviations each observed value of x2 deviates from a model fitted using all of the data except that observation. Studentized residuals greater than 2, but none greater than 3.

