

# Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

В. В. Мокшин, Информационная система статистических исследований и оптимизации функционирования предприятия,  
*Исслед. по информ.*, 2007, выпуск 12, 79–93

<https://www.mathnet.ru/ipi187>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.175

17 мая 2025 г., 21:10:17



# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СТАТИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

**В. В. Мокшян**

Значительную роль в управлении предприятием имеет информация, которой в современной промышленности нет недостатка. Значения производственно-экономических факторов говорят нам о таких вещах как основные средства, запасы, коммерческие расходы, фонд заработной платы и т.д. В результате анализа получают количественные данные о выручке от продажи товаров, продукции, работ, услуг; прибыли от продаж; прибыли на 1 работника и других результативных показателях эффективности. На многих предприятиях можно собрать подобные данные. И часто цифры просто коллекционируются без всякого понимания цели или смысла или же во имя целей, ставившихся в прежние годы.

Данные указанного типа представляются в виде таблиц чисел. В этих числах могут быть завуалированы некоторые соотношения, или же эти соотношения могут непосредственно следовать из данных. Для любых задач с изменяющимися количественными переменными представляет интерес исследование влияния (действительного или подозреваемого) некоторых переменных на остальные. Таким влиянием может быть функциональная связь между переменными.

Цель работы: разработка автоматизированной информационной системы статистических исследований для повышения эффективности работы предприятия, включающей математические методы для анализа состояния предприятия, выработки управленческих решений, и повышение эффективности исследования за счет повышения достоверности получаемых результатов и сокращения сроков исследования. В качестве объекта исследования рассматривается Станкоинструментальный завод производственного объединения ЕлАЗ (Елабужский Автомобильный Завод). Поставлены и решены задачи исследования функционирования предприятия; разработана модель функционирования предприятия; разработана информационная система, повышающая эффективность решения статистических и управленческих задач.

Для достижения целей решены три задачи:

1. Выбор результативных показателей эффективности функционирования предприятия и влияющих на них факторов и сбор исходных статистических данных (ИСД). Анализ и оценка ИСД; вычисление основ-

ных статистических характеристик ИСД; проверка ИСД на “нормальность”; корреляционный анализ; временное прогнозирование.

2. Построение регрессионной модели предприятия: нелинейный регрессионный анализ; оценка степени влияния факторов на результативные показатели эффективности по регрессионной модели.

### 3. Оптимизация.

Управленческие решения построены на основе результатов оптимизации, которая позволила найти оптимальное значение прибыли от продаж для улучшения деятельности предприятия. Оптимизация зависит от качества построенной регрессионной модели и проведенного анализа и оценки ИСД. Дерево целей автоматизированной информационной системы приведено на рис. 1.

Разработана методика анализа вероятностных объектов с количественными, непрерывными параметрами, в основу которой положен регрессионный анализ. Создана модель функционирования предприятия таким образом, чтобы в нее вошли все существенные переменные, функционально представляемые в следующем виде:

$$y_j = f_j(x_1, x_2, \dots, x_M), \quad j = \overline{1, K}, \quad (1)$$

где  $y_j$  –  $j$ -й показатель функционирования предприятия;

$K$  – количество результативных показателей эффективности функционирования предприятия;

$x_i$  –  $i$ -й фактор, влияющий на функционирование предприятия;

$M$  – общее количество экономических, производственных факторов.

Для исследования на примере Станкоинструментального завода отобраны  $M = 17$  производственно-экономических факторов и  $K = 10$  результативных показателей эффективности. Они приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Для получения математических зависимостей (1) в аналитическом виде и обеспечения корректности получаемых результатов предлагается методика, которая включает в себя следующие этапы:

1. Выбор совокупности основных статистических показателей функционирования предприятия и сбор исходных статистических данных (ИСД) по ним за пять лет.

2. Вычисление основных статистических характеристик ИСД: оценок математического ожидания (среднего); среднего квадратического (стандартного) отклонения; ошибок вычисления среднего значения; медиан; асимметрии; эксцесса и их ошибок; построение доверительных интервалов.

3. Оценка нормальности распределения ИСД (их подчинения нормальному закону).

4. Временное прогнозирование.

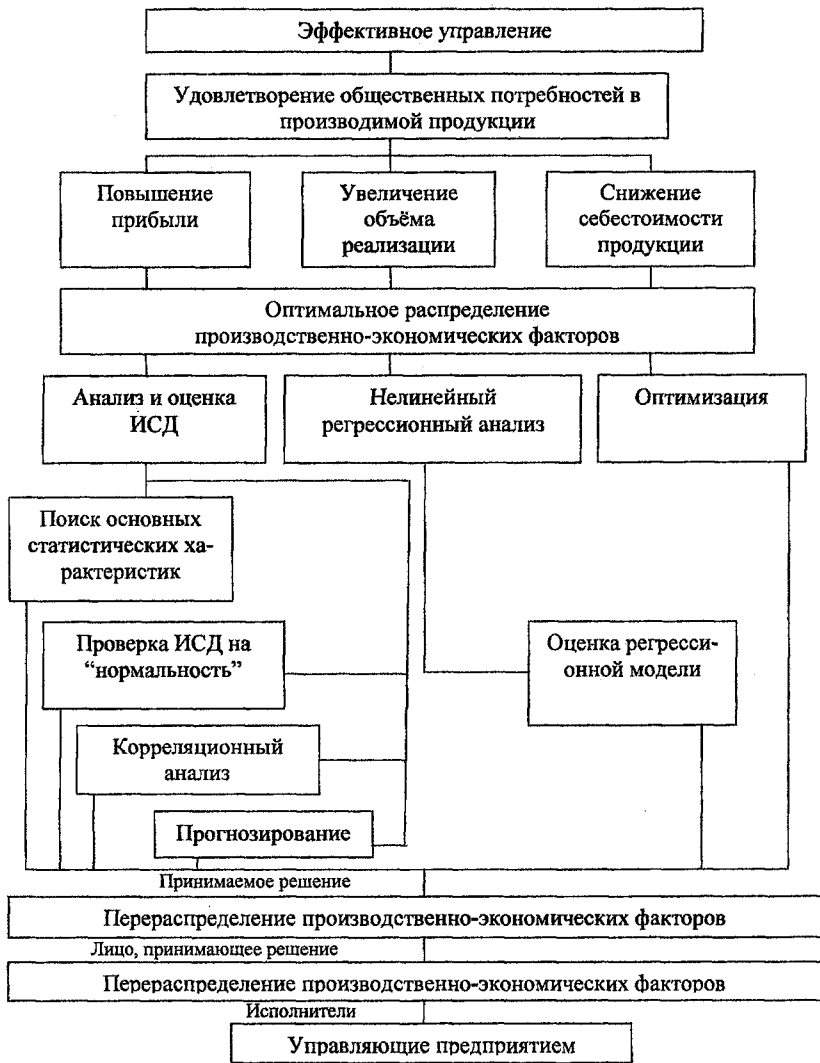


Рис. 1. Дерево целей автоматизированной информационной системы

5. Вычисление парных коэффициентов линейной корреляции.
6. Получение уравнений регрессии, представляющих собой зависимость результативных показателей эффективности работы предприятия от влияющих на него производственно-экономических факторов.

7. Оптимизация значений производственно-экономических факторов и результативных показателей эффективности с целью принятия управляющего решения.

Табл. 1

Перечень производственно-экономических факторов

Имя	Описание
$x_1$	Основные средства, тыс. руб.
$x_2$	Запасы, тыс. руб.
$x_3$	Затраты в незавершенном производстве (издержки обращения), тыс. руб.
$x_4$	Готовая продукция и товары для перепродажи, тыс. тонн
$x_5$	Дебиторская задолженность (платежи по которой ожидаются в течение 12 месяцев после отчетной даты), тыс. руб.
$x_6$	Остаток на расчетном счете, тыс. руб.
$x_7$	Остаток на валютном счете, тыс. руб.
$x_8$	Нераспределенная прибыль отчетного года, тыс. руб.
$x_9$	Заёмные средства, тыс. руб.
$x_{10}$	Кредиторская задолженность, тыс. руб.
$x_{11}$	Коммерческие расходы, тыс. руб.
$x_{12}$	Управленческие расходы, тыс. руб.
$x_{13}$	Прочие операционные расходы, тыс. руб.
$x_{14}$	Внереализационные расходы, тыс. руб.
$x_{15}$	Количество работников, имеющих постоянные трудовые договоры (контракты), чел.
$x_{16}$	Фонд заработной платы, тыс. руб.
$x_{17}$	Средняя заработная плата на одного сотрудника, тыс. руб.

Табл. 2

Перечень результативных показателей эффективности

Имя	Описание
$y_1$	Выручка от продажи товаров, продукции, работ, услуг, тыс. руб.
$y_2$	Себестоимость проданных товаров, продукции, работ, услуг, тыс. руб.
$y_3$	Прибыль от продаж, тыс. руб.
$y_4$	Прибыль до налогообложения, тыс. руб.
$y_5$	Текущий налог на прибыль, тыс. руб.
$y_6$	Проценты к получению, тыс. руб.
$y_7$	Прочие операционные доходы, тыс. руб.
$y_8$	Внереализационные доходы, тыс. руб.
$y_9$	Доход на 1 работника, тыс. руб.
$y_{10}$	Прибыль на 1 работника, тыс. руб.

8. Разработка информационной системы, позволяющая повысить эффективность расчетов и решение задач, сформулированных выше.

Для исследования использованы квартальные значения статистических данных за 2001-2005 гг. из балансовых отчетов (форма 1), отчетов о

прибылях и убытках, подаваемых в налоговые органы, и сведения о количестве сотрудников, заработной плате, подаваемые в Государственный комитет статистики, перечень которых приведен в табл. 1 и в табл. 2.

По распределениям ИСД вычислены их основные статистические характеристики: средние значения, стандартные отклонения, медианы, асимметрии, эксцессы, ошибки средних значений, асимметрий и эксцессов. Результаты вычислений показывают, что имеющиеся исходные данные по отношению стандартной ошибки к среднему значению пригодны для статистического исследования.

«Нормальность» распределений ИСД оценивалась: по различию медиан и средних значений, которое для проверки гипотезы о нормальном законе не должно превышать двух стандартных ошибок среднего [1]; по отличию асимметрий и эксцессов от нуля, которые для проверки гипотезы о нормальном законе не должны превышать двух соответствующих стандартных ошибок [1] и по критерию согласия (КС) Колмогорова - Смирнова. Коэффициент доверия гипотезы о нормальности по данному КС не должен быть меньше 0,2 [2].

Для оценки нормальности по КС Колмогорова - Смирнова использован ППП Statistica 6.0 [2]. Результаты оценки для  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $y_5$  и  $y_8$  приведены на рис. 2 - 5.

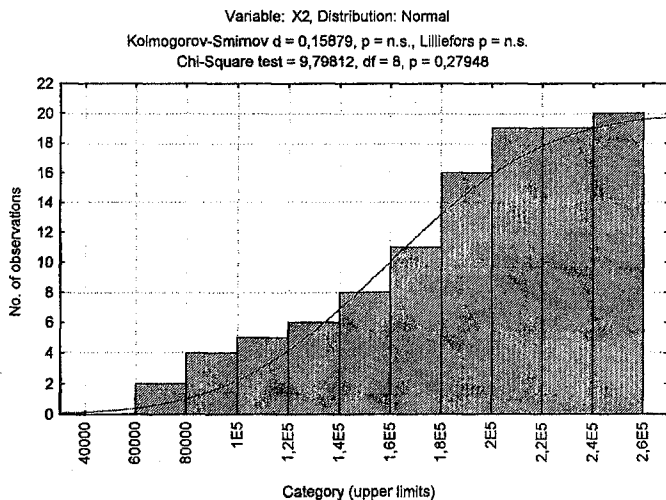


Рис. 2. Эмпирическая и гипотетическая функции распределения запасов -  $x_2$

Для 50% переменных положительный результат получен более чем по 3 показателям. Так как в качестве основы исследования принят регрессионный анализ, не требующий нормальности распределения ИСД, то такое положение допустимо. Отметим, что при анализе результатов регрессионного анализа в первую очередь следует ориентироваться на значения

стандартных ошибок и во вторую очередь на показатели, требующие нормальности результатов.

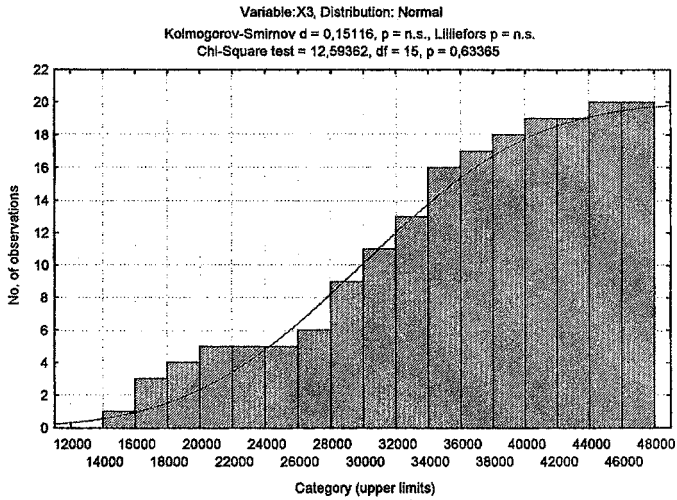


Рис. 3. Эмпирическая и гипотетическая функции распределения затрат в незавершенном производстве (издержки обращения) -  $x_3$

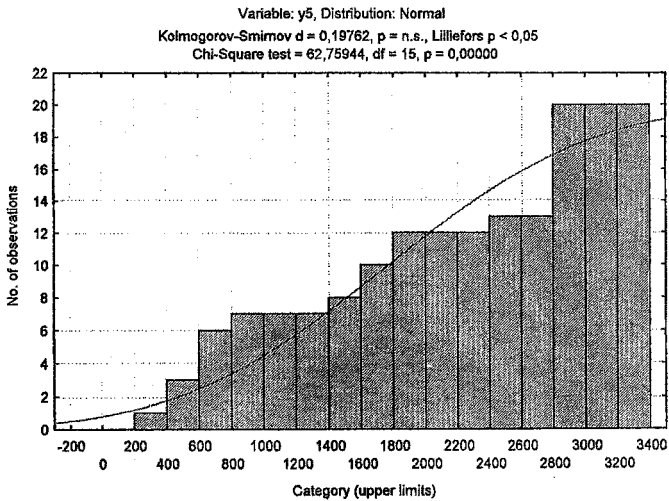


Рис. 4. Эмпирическая и гипотетическая функции распределения текущего налога на прибыль -  $y_5$

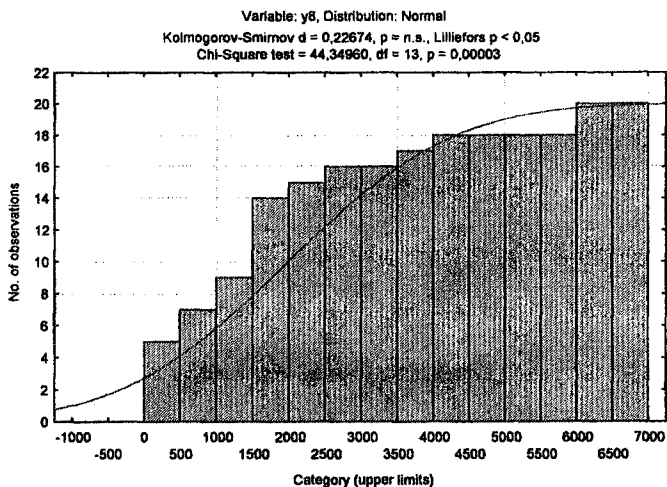


Рис. 5. Эмпирическая и гипотетическая функции распределения внеэкономических доходов -  $y_8$

Проведено временное прогнозирование, которое показывает основные тенденции функционирования предприятия на случай, если проводимая политика управления заводом будет неизменной (рис. 6 – 9).

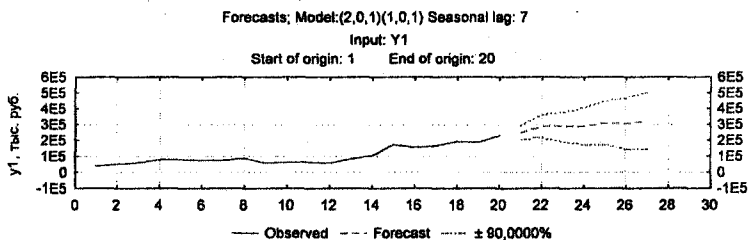


Рис. 6. Прогнозируемое значение выручки от продажи товаров, продукции, работ, услуг -  $y_1$

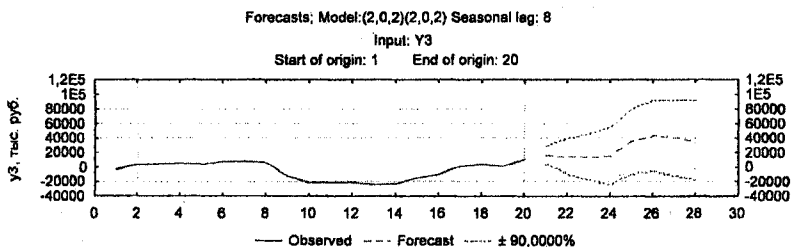


Рис. 7. Прогнозируемое значение прибыли от продаж -  $y_3$



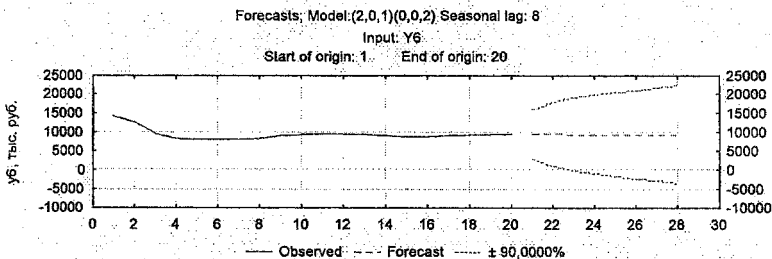


Рис. 8. Прогнозируемое значение процентов к получению –  $y_6$

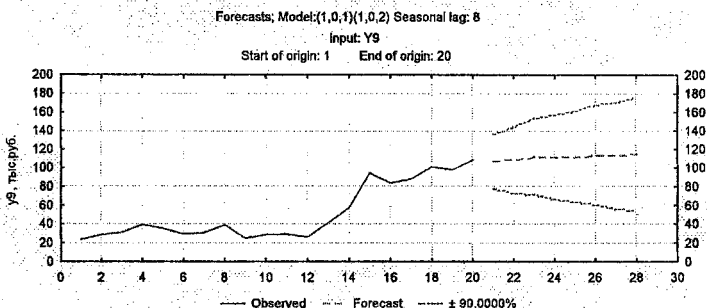


Рис. 9. Прогнозируемое значение доходов на 1 работника –  $y_9$

Проведенное прогнозирование методом Бокса-Дженкинса [2] позволяет учесть общую тенденцию изменения прогнозируемых параметров. Метод реализован в виде соответствующей процедуры ARIMA в ППП STATISTICA 6.0 [2]. При прогнозировании удалось отобразить общую тенденцию изменения результативных показателей эффективности. Результаты прогнозирования показали, что ситуация на заводе при неизменной политике будет относительно стабильной.

В ходе решения поставленных задач проведен корреляционный анализ [3], позволивший сделать заключение о нелинейной связи между производственно-экономическими факторами. Оценка степени зависимости переменных между собой проведена по парным коэффициентам линейной корреляции. Вычислены парные коэффициенты линейной корреляции и определено критическое значение коэффициента линейной корреляции [5]:

$$r_{крит} = \pm \sqrt{\frac{t_{крит}^2}{t_{крит}^2 + n - 2}}; \quad (2)$$

где:  $t_{крит}$  – критическое значение критерия Стьюдента для рекомендуемого уровня значимости  $\alpha = 0,05$ , определяемого по статистическим табли-

цам при  $n = 20 - 2 = 18$  степенях свободы ( $n = 18$  – количество учитываемых интервалов времени).

Корреляционная связь результативных показателей эффективности  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_6$  и  $y_9$  с производственно-экономическими факторами приведена на рис. 10 – 13.

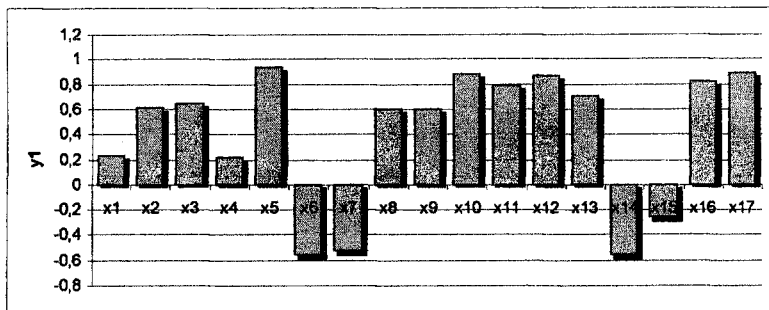


Рис. 10. Коэффициенты линейной корреляции между выручкой от продажи товаров, продукции, работ, услуг ( $y_1$ ) и производственно-экономическими факторами

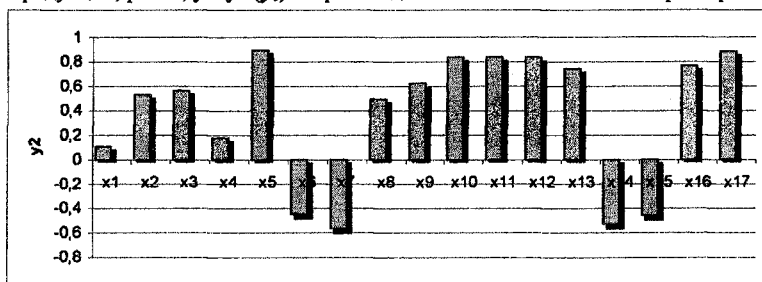


Рис. 11. Коэффициенты линейной корреляции между себестоимостью проданных товаров, продукции, работ, услуг ( $y_2$ ) и производственно-экономическими факторами

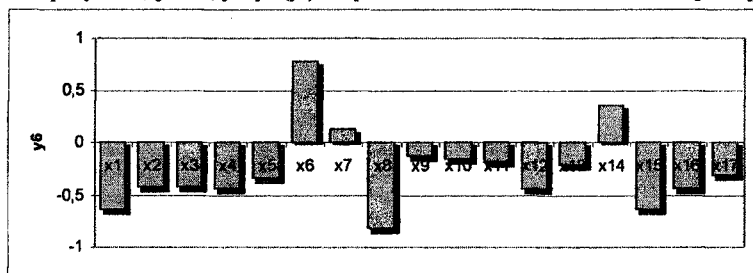


Рис. 12. Коэффициенты линейной корреляции между процентами к получению ( $y_6$ ) и производственно-экономическими факторами

Проведенный корреляционный анализ показал, что между некоторыми изменяемыми факторами и факторами внешней среды имеется корреляция

ляционная связь, близкая к линейной, также и некоторые результативные показатели эффективности имеют между собой корреляционную связь, близкую к линейной. Это является отрицательным явлением. К отрицательным явлениям относятся и наличие корреляционной связи, близкой к линейной, между результативными переменными.

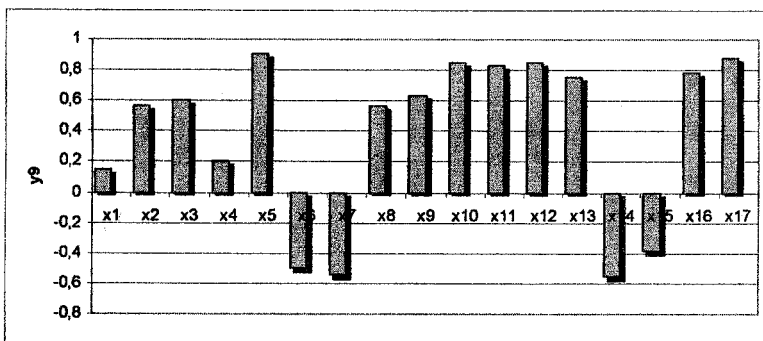


Рис. 13. Коэффициенты линейной корреляции между доходами на одного работника ( $y_9$ ) и производственно-экономическими факторами

Положительным результатом корреляционного анализа является то, что в большинстве случаев производственно-экономические факторы имеют между собой несущественную корреляционную связь; то же относится и к корреляционной связи между результативными показателями эффективности. К положительному результату относится также и наличие в большом количестве существенных корреляционных связей между результативными показателями эффективности и факторами.

По вычисленным коэффициентам линейной корреляции между результативными показателями эффективности  $y_j$ ,  $j = \overline{1, K}$ , производственно-экономическими факторами  $x_i$ ,  $i = \overline{1, M}$ , вычислены коэффициенты многофакторных линейных уравнений регрессии [1].

Совокупность уравнений регрессии является статистической многофакторной линейной моделью функционирования Станкоинструментального завода, ее можно в частности использовать для выбора эффективного управленческого решения. Это решение представляет собой совокупность оптимальных значений изменяемых производственно-экономических факторов  $x_i$ ,  $i = \overline{1, M}$ , на последний учитываемый интервал времени и значений результативных показателей эффективности  $y_j$ ,  $j = \overline{1, K}$ , которые будут получены при указанных значениях производственно-экономических факторов.

По коэффициентам многофакторных линейных уравнений регрессии вычислены коэффициенты эластичности [1] и удельные веса, которые по-

казывают на сколько процентов изменится резуль­тативный показатель эффективности при изменении фактора на один процент [1].

Удельный вес  $i$ -го фактора в изменении  $j$ -го резуль­тативного показателя вычисляется по формуле:

$$d_{ij} = \frac{\Delta_{ij}}{\sum_{i=1}^M |\Delta_{ij}|}, \text{ где } \Delta_{ij} = |x_{i \max} - x_{i \min}|. \quad (3)$$

Коэффициент эластичности  $i$ -го фактора в  $j$ -м резуль­тативном показателе эффективности вычисляется по формуле:

$$e_{ij} = \frac{\Delta_{ij}}{\sum_{i=1}^M \Delta_{ij}}, \text{ где } \Delta_{ij} = x_{i \max} - x_{i \min}. \quad (4)$$

По вычисленным удельным весам (3) и коэффициентам эластичности (4) построены гистограммы и круговые диаграммы, позволяющие принимать эффективные управленческие решения. Некоторые из них для  $y_1$ ,  $y_3$ ,  $y_6$  и  $y_9$  приведены на рис. 14 – 19.

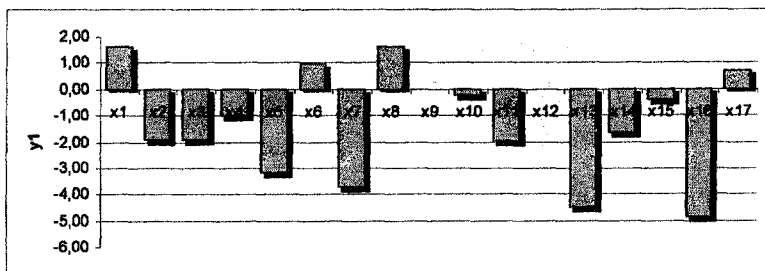


Рис. 14. Коэффициенты эластичности выручки от продажи товаров, продукции, работ, услуг -  $y_1$

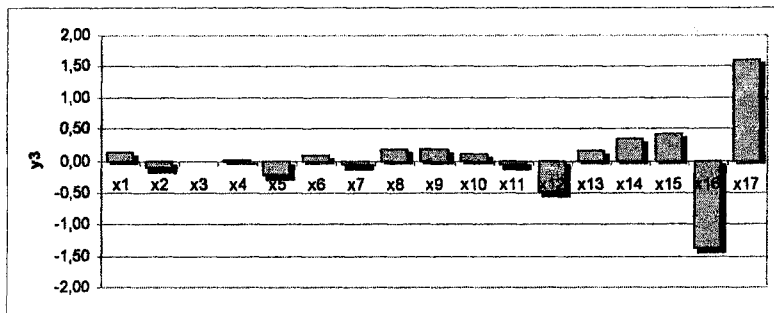


Рис. 15. Коэффициенты эластичности прибыли от продаж -  $y_3$

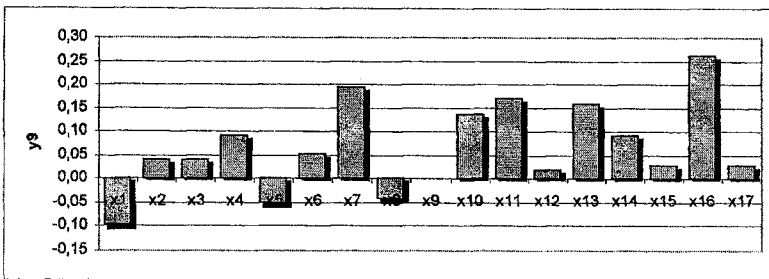


Рис. 16. Коэффициенты эластичности доходов на 1 работника -  $y_9$

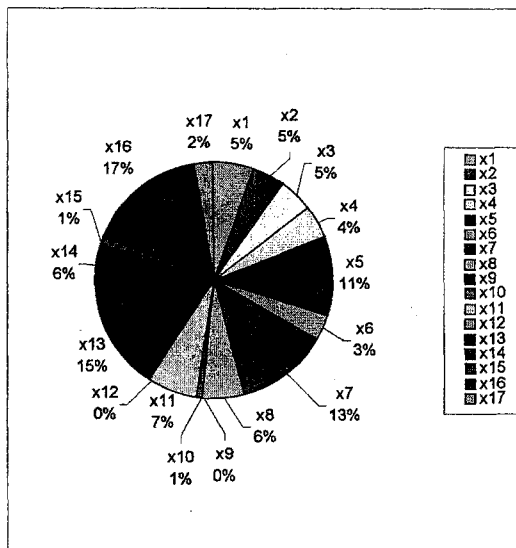


Рис. 17. Диаграмма относительного влияния факторов на выручку от продажи товаров, продукции, работ, услуг -  $y_1$

Информационная система разработана на базе статистического пакета прикладных программ Statistica 6.0, стандартного пакета прикладных программ Excel 2003 и Visual Studio.Net Enterprise Architect 2003 for Windows 2000/XP.

Для обработки и хранения информации спроектирована база данных. Логическая модель базы данных приведена на рис. 20.

Построенная модель функционирования предприятия позволяет принимать эффективные управленческие решения, варьируя значениями производственно-экономических факторов  $x_i$ ,  $i = \overline{1, M}$ . Кроме того, получив результаты временного прогнозирования, можно оценить основные тенденции развития предприятия.

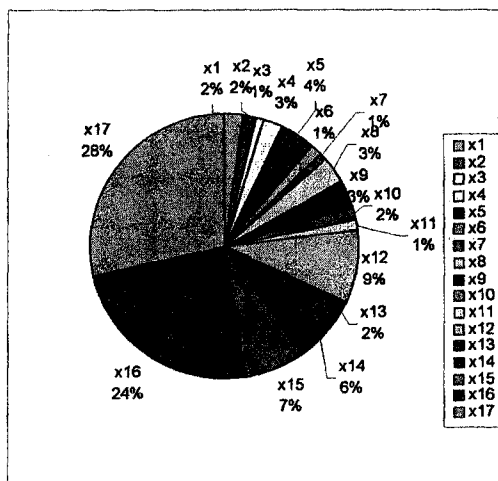


Рис. 18. диаграмма относительного влияния факторов на прибыль от продаж -  $y_3$

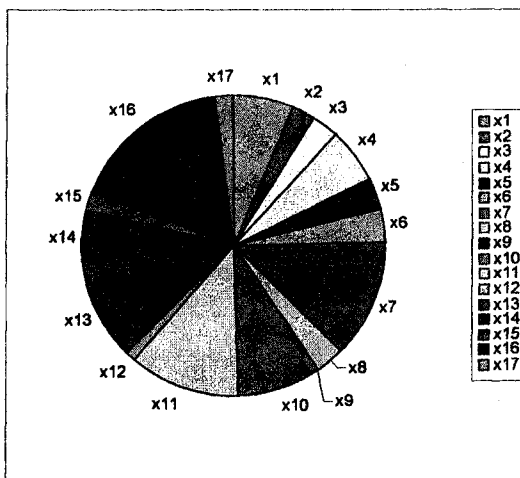


Рис. 19. Диаграмма относительного влияния факторов на доходы на одного работника -  $y_9$

Используя разработанную модель функционирования предприятия, можно получить оптимальные значения результативных показателей эффективности, например, прибыли от продаж  $y_3$ , из полученных уравнений регрессии. Причем, существует возможность оценки влияния каждого производственно-экономического фактора на результативные показатели

эффективности, используя гистограммы коэффициентов эластичности и диаграммы удельных весов производственно-экономических факторов.

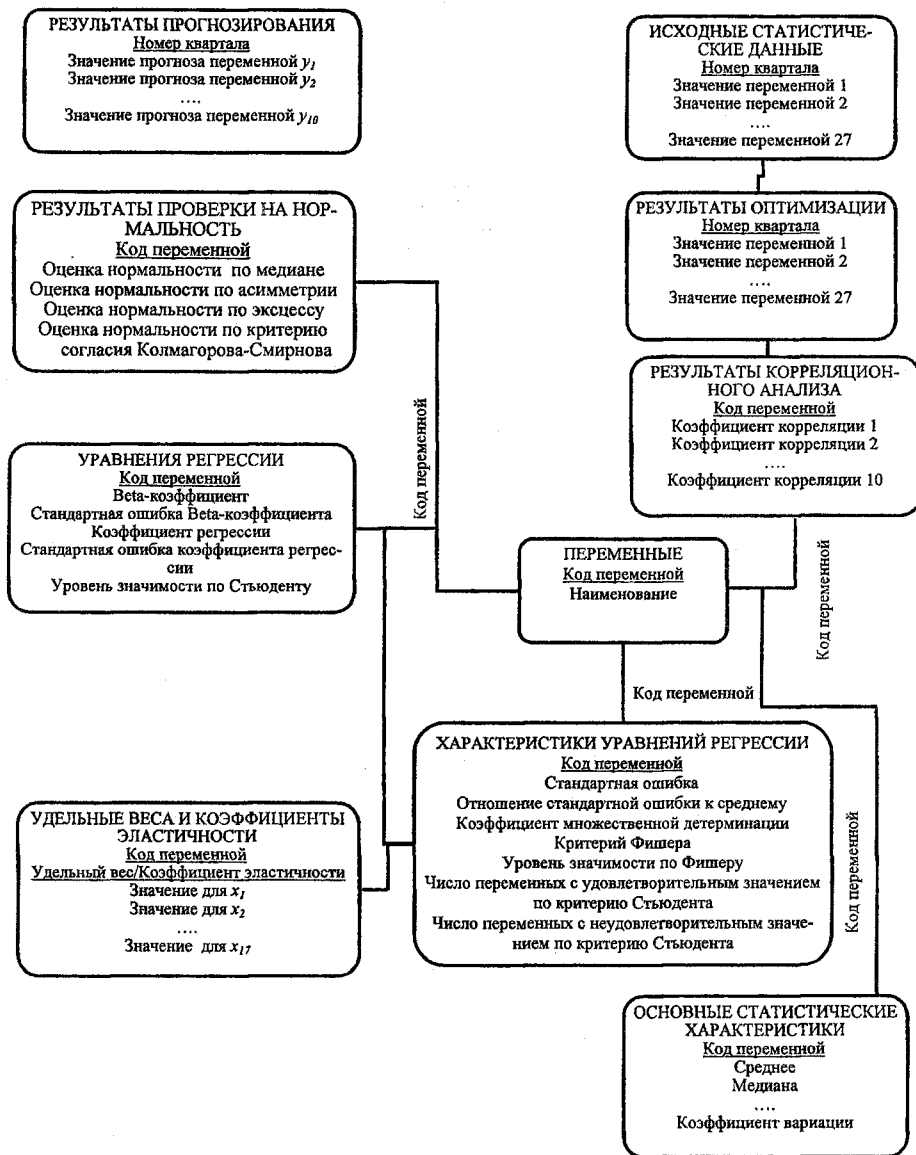


Рис. 20. Логическая модель базы данных

Разработанная модель может помочь руководству в принятии эффективных решений в управлении предприятием. Поэтому создание информационной системы, позволяющей эффективно проводить исследование производственно-экономических факторов и результативных показателей эффективности, играет важную роль в управлении предприятием и при решении различных производственных задач. Более того, такая система позволит наилучшим образом оптимизировать работу предприятия. Отметим, что предложенную модель можно использовать на других производствах и предприятиях.

### Литература

1. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование: – М.: Финансы и статистика, 2001.
2. Боровиков В.П. Statistica: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001.
3. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. – М.: Просвещение, 2002.
4. Мокшин В.В. Создание интеллектуальной системы, объединяющей разнородные автоматизированные системы для географически распределенного производства // Материалы всеросс. научной конф. «Робототехника, мехатроника и интеллектуальные системы». – Таганрог, 2005. - С. 197
5. Харламов А.И., Башина О.Э., Бабурин В.Т. и др. Общая теория статистики: Статистическая методология в изучении коммерческой деятельности. – М.: Финансы и статистика, 1997.
6. Ордин В.Н., Якимов И.М., Гусев В.Ф. Экономико-статистическое исследование текстильного предприятия. // Инфокоммуникационные технологии глобального общества: Сб. тр. научно-практ. конф. Казань, 16-18 сентября 2003. - М.: Новые технологии, 2004. - С. 193.