

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра управления и информатики в технических системах

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, ОПТИМИЗАЦИЯ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Методические указания

Составитель

С.С. Акимов

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, 27.03.03 Системный анализ и управление

Оренбург
2021

УДК 681.5(076.5)
ББК 32.965я7
С40

Рецензент – профессор, доктор экономических наук В.Н. Шепель

С40 Системный анализ, оптимизация и принятие решений : методические указания / составитель С.С. Акимов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2021. – 58 с.

Методические указания направлены на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций, для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 27.03.04 Управление в технических системах и 27.03.03 Системный анализ и управление. В методических указаниях приведены основные положения по лабораторным работам, формируемые компетенции, а также указания к выполнению лабораторных работ.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Системный анализ, оптимизация и принятие решений» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 27.03.04 Управление в технических системах и 27.03.03 Системный анализ и управление.

УДК 681.5(076.5)
ББК 32.965я7

© Акимов С.С.,
составление, 2021
© ОГУ, 2021

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 4 |
| 1 Лабораторная работа №1. Выделение системы из окружающей среды. Построение моделей черного ящика | 6 |
| 2 Лабораторная работа №2. Анализ проблемной ситуации. Построение дерева целей | 14 |
| 3 Лабораторная работа №3. Моделирование объектов и процессов при разработке технических и информационных объектов..... | 20 |
| 4 Лабораторная работа №4. Решение задач линейного программирования. Задача оптимизации планирования производства | 28 |
| 5 Лабораторная работа №5. Решение задач принятия решений в условиях риска и неопределенности..... | 38 |
| 6 Лабораторная работа №6. Построение моделей систем методом регрессионного анализа с использованием программного средства Statistica ... | 49 |
| Список использованных источников | 58 |

Введение

Методические указания посвящены изучению теоретических основ и практических инструментов системного анализа в рамках формирования профессиональных компетенций бакалавров по направлению 27.03.03 Системный анализ и управление при изучении дисциплины «Системный анализ, оптимизация и принятие решений».

Лабораторная работа – одна из ключевых форм учебного занятия, направленная на развитие самостоятельности студентов, приобретение умений и формирования профессиональных компетенций. Выполнение лабораторных работ способствует углубленному пониманию, усвоению и закреплению пройденного материала профессионального модуля, развитию мышления и творческого потенциала.

Целью лабораторных работ по учебным дисциплинам является закрепление студентами пройденного теоретического материала по профессиям и выработка навыков самостоятельной профессиональной и научно-исследовательской деятельности.

Задачи лабораторных работ обусловлены необходимостью получения обучающимися знаний, умений, навыков согласно требованиям ФГОС ВО, на основе которых формируются соответствующие общепрофессиональные компетенции. Ведущей дидактической целью лабораторных работ является формирование умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

Методические указания по выполнению лабораторных работ разработаны в соответствии с разделами рабочей программы. Подготовка к лабораторным работам заключается в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, предусмотренной рабочей программой.

Для эффективного выполнения заданий студенты должны знать теоретический материал и уметь применять эти знания для приобретения навыков при выполнении практических заданий.

Условия и порядок выполнения работы:

1 Изучить методические рекомендации по выполнению лабораторной работы.

2 Ответить на перечень вопросов, необходимых для выполнения заданий.

3 Изучить содержание заданий и приступить к выполнению.

4 Консультацию по выполнению работы получить у преподавателя.

5 Работа оценивается в целом, по итогам выполнения работы выставляется оценка.

Защита проводится путем индивидуальной беседы или выполнения зачетного задания.

Процесс выполнения практических заданий направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-1 готовность применять методы математики, физики, химии, системного анализа, теории управления, теории знаний, теории и технологии программирования, а также методов гуманитарных, экономических и социальных наук;

- ОПК-2 способность применять аналитические, вычислительные и системно-аналитические методы для решения прикладных задач в области управления объектами техники, технологии, организационными системами, работать с традиционными носителями информации, базами знаний;

- ОПК-4 способность применять принципы оценки, контроля и менеджмента качества;

- ОПК-5 способность использовать принципы руководства и администрирования малых групп исполнителей.

1 Лабораторная работа №1. Выделение системы из окружающей среды. Построение моделей черного ящика

1.1 Цель лабораторной работы

Цель лабораторной работы состоит в освоении практических навыков при моделировании черного ящика.

1.2 Краткие теоретические сведения

Одним из способов выделения системы из окружающей среды является построение модели черного ящика.

Модель черного ящика показывает результат выделения рассматриваемого объекта или процесса из окружающей системы. На этом этапе как устроена система (то есть каков ее состав и структура) – неизвестно, известны (доступны для наблюдения) входы в систему и выходы из нее.

На уровне математического описания системы, отсутствие информации о составе и структуре системы выражается в том, что на этапе разработки модели черного ящика неизвестны зависимости выходных параметров от входных данных.

В зависимости от выбранной точки зрения для одного и того же рассматриваемого объекта или процесса могут быть выделены различные наборы входных и выходных воздействий, представляющих основу интерфейса системы с внешней средой.

С позиции системного подхода, интерфейс – совокупность методов и средств взаимодействия или между элементами системы (внутренний интерфейс), или между системой и окружающей средой (внешний интерфейс). При использовании системного подхода для проектирования различных технических систем, модель черного ящика является базисом для разработки внешнего интерфейса.

Чтобы разработать эффективную модель черного ящика, следует описывать входные и выходные воздействия на параметрическом уровне с обязательным указанием единиц измерения. Выделенные параметры в дальнейшем должны составить основу математической постановки задач системного исследования рассматриваемого объекта или процесса – задач синтеза, управления или принятия решения.

Несмотря на кажущуюся простоту рассматриваемой модели, построение эффективного черного ящика является задачей особой сложности. Это связано с невозможностью однозначно и информативно подобрать параметры, характеризующие входные и выходные воздействия системы в рамках рассматриваемой задачи на начальном этапе ее исследования.

Выбор ключевых параметров, характеризующих входные или выходные воздействия системы следует проводить, опираясь на две главнейшие характеристики:

- информативность рассматриваемого параметра. Информативность определяется объемом и важностью информации, полезной для решаемой задачи исследования;
- простота измерения или вычисления.

Построение модели черного ящика в статике выполняется посредством последовательного выполнения следующих этапов:

- 1) выделить исследуемый объект из окружающей среды и записать его название внутри прямоугольника;
- 2) определить точку зрения на модель и цели моделирования;
- 3) определить выходные воздействия системы и подобрать параметры, их характеризующие с обязательным указанием единиц измерения;
- 4) определить возмущающие воздействия (исходят от надсистемы), подобрать параметры, их характеризующие с указанием единиц измерения;
- 5) определить управляющие воздействия (то, что нужно объекту исследования для получения выходного результата), подобрать параметры, их характеризующие с обязательным указанием единиц измерения.

При построении модели черного ящика в динамике, входные воздействия характеризуют начальное состояние системы, а выходные – конечное состояние системы [1].

1.3 Задание на лабораторную работу

В соответствии с вариантом выполнить задания.

Вариант 1, 7. Построить модель черного ящика для образовательного процесса в высшем учебном заведении с точки зрения:

- студента;
- преподавателя;
- деканата.

Проанализировать изменение перечня входных и выходных воздействий при изменении точки зрения.

Вариант 2, 8. Построить модель черного ящика для ситуации «Дорожно-транспортное происшествие» с точки зрения:

- технической;
- медицинской;
- юридической;
- финансовой.

Проанализировать изменение перечня входных и выходных воздействий при изменении точки зрения.

Вариант 3, 9. Построить модель черного ящика для следующих процессов и объектов технологической подготовки производства:

- распределение номенклатуры деталей и сборок между цехами и подразделениями производства;
- разработка технологических маршрутов движения объектов производства;
- технико-экономическое обоснование технологического процесса;
- выбор универсального оборудования;

- выбор нестандартного оборудования;
- задание на проектирование универсального оборудования;
- задание на проектирование гибкой автоматизированной линии;
- задание на проектирование гибкого производственного модуля.

Вариант 4, 10. Для трех различных технологических подгрупп станков сверлильнофрезерно-расточной группы построить модели черного ящика.

Вариант 5, 11. Построить статическую модель черного ящика для трех самостоятельно выбранных объектов из предметной области «Конструкторская подготовка производства» с обязательным указанием единиц измерения входных и выходных параметров. Количество выходных воздействий для каждой модели – не менее трех. Количество входных воздействий – не менее семи. Разделить управляющие параметры на две группы: контролируемые регулируемые и неконтролируемые нерегулируемые.

Вариант 6, 12. Построить модели черного ящика в статике для двух объектов исследования. Источники исходной информации – журналы «Информационно-управляющие системы», «Мехатроника, автоматизация, управление», «Вестник компьютерных и информационных технологий».

1.4 Методические указания по выполнению работы

Каждый студент выполняет свой вариант. По результатам работы формируется отчет, содержащий подробное решение задачи.

Работа выполняется на компьютере, с применением программ MS Word или Bizagi BPM Suite Bizagi Process Modeler. Отображение потоков и объектов необходимо выполнять в соответствии с общепринятыми правилами отображения контекстных диаграмм. Подробный процесс построения черного ящика отображен в приведенном ниже примере.

1.5 Пример выполнения задания

Для примера, в качестве объекта исследования рассмотрим Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет» (ОГУ).

Одной из целей рассматриваемой организации является удовлетворение потребностей общества и государства в высококвалифицированных специалистах с высшим образованием.

Некоторые входные и выходные воздействия модели черного ящика указанного объекта на уровне потоков приведены на рисунке 1.

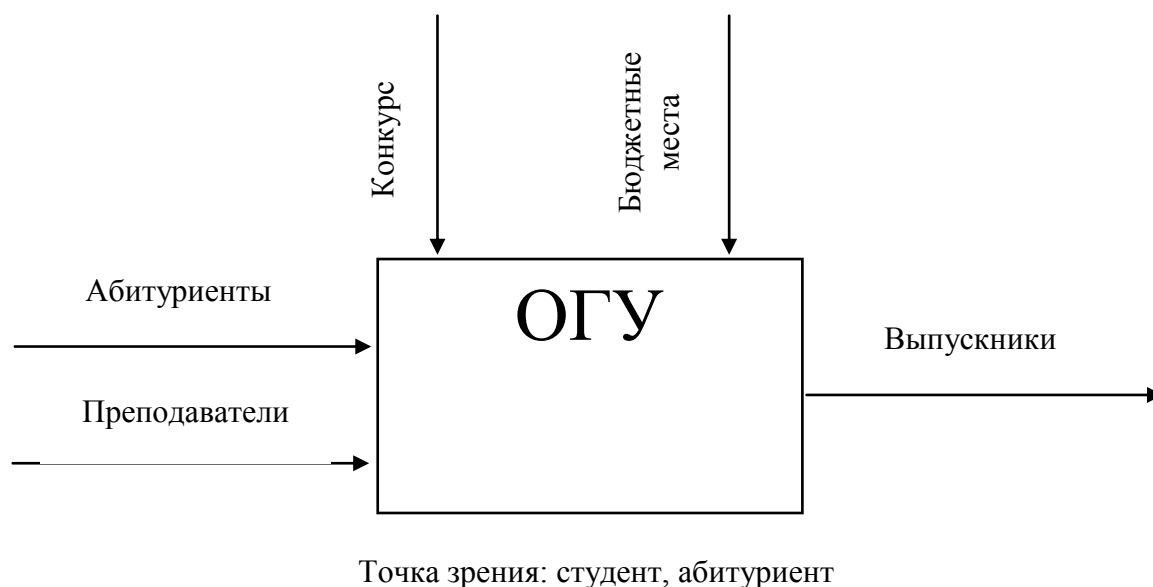
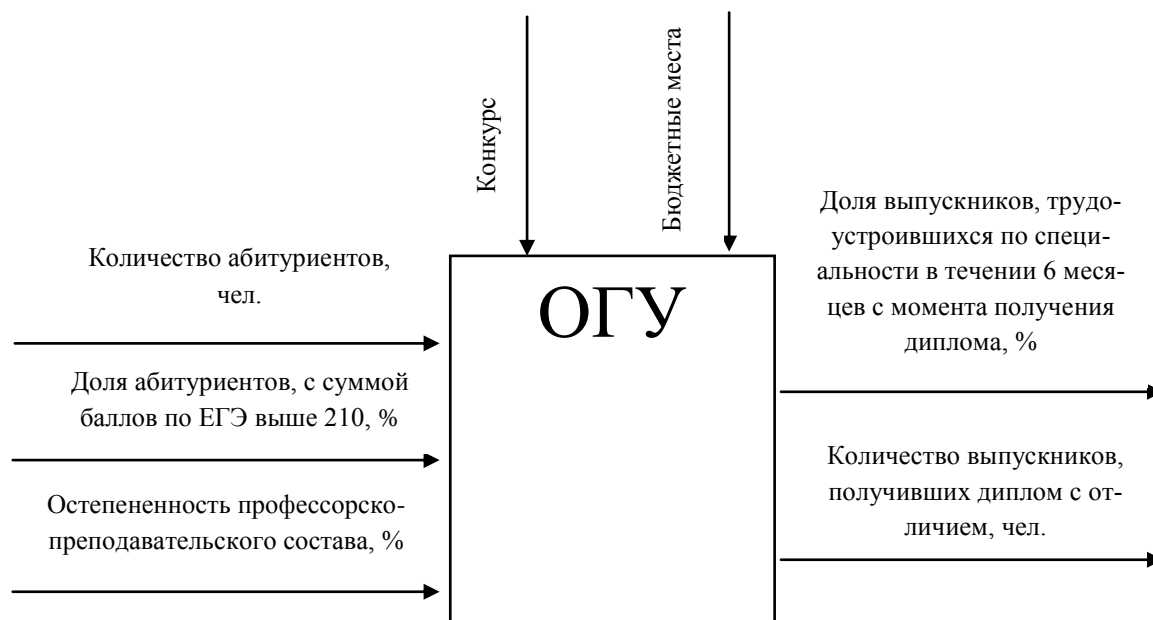


Рисунок 1 – Фрагмент модели черного ящика ОГУ, описанной на уровне потоков [3]

Так как в качестве входных и выходных воздействий выделены потоки (в общем случае они могут быть материальной, энергетической и информационной природы), то такая модель, хотя и отражает физическую сущность входных и выходных воздействий рассматриваемой системы, должна рассматриваться только как начальный вариант модели, основа для разработки работоспособной модели черного ящика. Достигается повышение информативности, а, следова-

тельно, и работоспособности модели черного ящика уточнением параметров, характеризующих входные и выходные воздействия.

На рисунке 2 представлен фрагмент уточненной модели черного ящика для рассматриваемого примера.



Точка зрения: студент, абитуриент

Рисунок 2 – Фрагмент модели черного ящика ОГУ, описанной на уровне параметров

Основное отличие потока от параметра, его характеризующего, состоит в том, что параметр количественно характеризует отдельный аспект рассматриваемого потока, например, для потока «молоко» это могут быть такие параметры как объем в литрах и жирность в процентах, для потока «выпускники» - возраст в годах, рост в сантиметрах, вес в килограммах, опыт работы в месяцах, количество отличных оценок в дипломе и т.д.

Включение параметра в модель черного ящика происходит на основе уровня информативности параметра для выбранной точки зрения и цели исследования. В таблице 1 представлен процесс постепенного уточнения параметра, характеризующего выходной поток «Выпускники».

Таблица 1 – Формирование выходного параметра модели черного ящика ОГУ

| Уточнение выходного параметра (выходной параметр, единицы измерения) | Комментарии |
|---|--|
| Количество выпускников, чел | В первую очередь с точки зрения достижения ВУЗом рассматриваемой цели, представляет интерес параметр, характеризующий масштаб результирующего потока (выпускники – поток, количество выпускников – параметр) |
| Количество трудоустроившихся выпускников, чел | Так как в рамках рассматриваемой цели ВУЗа с точки зрения студента или абитуриента результатом обучения в ВУЗе является не получение диплома о высшем образовании, а возможность последующего трудоустройства (диплом в данном случае это средство для последующего трудоустройства), то при описании результата деятельности ОГУ следует перейти от количества выпускников, ставших обладателями дипломов, к количеству трудоустроившихся выпускников |
| Количество выпускников, трудоустроившихся по специальности, соответствующей диплому, чел | Так как трудоустройство после ВУЗа не по указанной в дипломе специальности нельзя считать успешным ни для ВУЗа, ни для государства, ни для дипломированного специалиста, результирующим параметром следует считать не общее количество выпускников, а количество выпускников, трудоустроившихся по специальности, соответствующей диплому |
| Количество выпускников, трудоустроившихся по специальности в течение шести месяцев после получения диплома, чел | Так как предыдущий параметр не различает, произошло ли трудоустройство по специальности в достаточно короткие сроки или через двадцать лет после окончания вуза, в течение которых выпускник работал не по специальности, что также нельзя признать успешным результатом, в выходной параметр следует добавить временные рамки, которые будут более определённо характеризовать результат |
| Доля выпускников, трудоустроившихся по специальности в течение шести месяцев после получения диплома, % | Предыдущий показатель является абсолютным и удобен для характеристики масштаба объекта (например, шестьсот выпускников или шесть тысяч выпускников), но для оценки эффективности деятельности ВУЗа более информативным является параметр относительный |
| Доля выпускников, трудоустроившихся по специальности на рынке труда Оренбургской области в течение шести месяцев после получения диплома, % | Этот параметр позволит отследить результативность работы рассматриваемого вуза именно для рынка труда Оренбургской области, является косвенной характеристикой потребностей и активности местного рынка труда |
| Доля выпускников, трудоустроившихся по специальности за пределами рынка труда Оренбургской области в течение шести месяцев после получения диплома, % | Этот параметр позволит отследить результативность работы рассматриваемого вуза именно за пределами рынка труда Оренбургской области, является косвенной характеристикой трудовой миграции населения |

Вывод. В работе сформирована модель черного ящика ОГУ, определены основные параметры, характеризующие выходной поток.

1.6 Контрольные вопросы и задания

- 1 Привести примеры технических объектов и технологий механизации, автоматизации и кибернетизации.
- 2 Перечислить классификации систем. Привести примеры детерминированных, стохастических, диффузных, самоорганизующихся систем.
- 3 Перечислить и кратко охарактеризовать основные этапы проведения системного исследования. Какие из перечисленных этапов относят к неформализованным, а какие – к формализованным? Почему?
- 4 Что такое модель? Для чего это понятие используется при проведении системных исследований?
- 5 Какие требования предъявляются к моделям?
- 6 Перечислить и кратко охарактеризовать методы моделирования систем.
- 7 Какие типы моделей систем выделяют?
- 8 Чем отличаются модели черного ящика для статических систем и динамических систем?
- 9 Какую модель при проведении системного исследования строят в первую очередь?
- 10 Что такое интерфейс системы?
- 11 Пояснить, как соотносится интерфейс системы с моделью черного ящика системы.
- 12 При решении каких профессиональных задач системный аналитик использует модель черного ящика?

2 Лабораторная работа №2. Анализ проблемной ситуации.

Построение дерева целей

2.1 Краткие теоретические сведения

Метод «дерева целей» широко применяется для прогнозирования возможных направлений развития науки, техники, технологий, а также для составления личных и профессиональных целей.

Дерево целей представляет собой упорядоченную иерархию целей, характеризующую их соподчиненность и внутренние взаимосвязи. Процесс конкретизации целей от высших уровней к низшим напоминает процесс разрастания дерева (только растет оно сверху вниз). Структура целей изображается в виде ветвящегося рисунка, называемого «деревом целей».

При построении «дерева целей» исходят из следующих положений:

- все «дерево целей» есть не что иное, как единая, но детализированная цель рассматриваемой системы;
- построение дерева целей осуществляется от общей цели к частным (сверху вниз) в отличие от его анализа, который проводится в обратном направлении;
- развитие дерева целей идет вглубь, то есть количество вершин на каждом следующем уровне не должно быть меньше количества вершин на предыдущем уровне;
- декомпозиция целей на подцели осуществляется таким образом, чтобы можно было оценить вклад каждой подцели в достижение родительской цели, при этом сами подцели выступают как цели по отношению к следующей, более низкой ступени иерархии;
- построение дерева целей завершается по достижении уровня, на котором, начальная цель не станет простой и возможной для исполнения.

Графически принципиальная схема «дерева целей» отображается в виде иерархической диаграммы (рисунок 3).

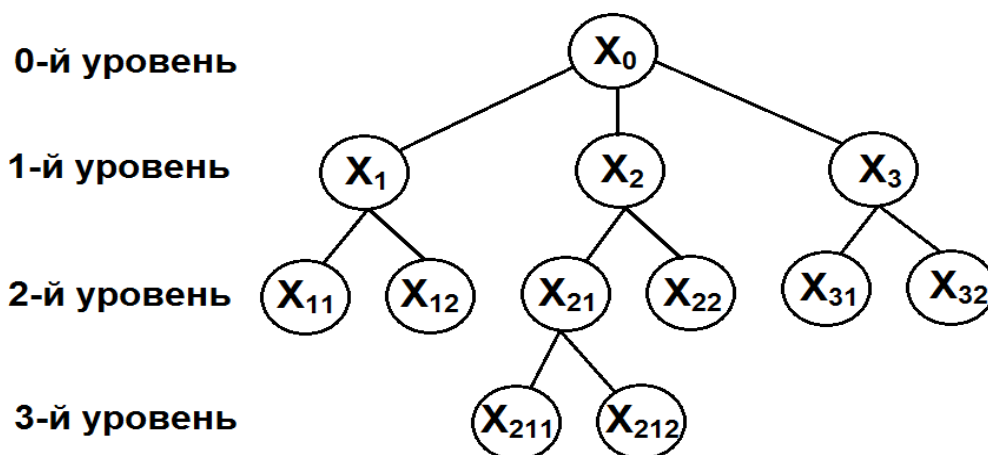


Рисунок 3 – Фрагмент дерева целей

Возможны различные принципы детализации «дерева целей»:

- предметный принцип (цели разбиваются на подцели той же природы, только более дробные);
- функциональный принцип (выявляются отдельные функции, совокупность которых определяет содержание детализируемой цели);
- принцип детализации по этапам производственного цикла (производство, потребление, распределение, обмен и проч.);
- принцип детализации по этапам принятия решения;
- принцип адресности;
- принцип детализации по составным элементам процесса производства (подцели конкретизируются по месту исполнения).

При построении «дерева целей» необходимо обеспечить:

- конкретность формулировок;
- сопоставимость целей каждого уровня по масштабу и значению;
- измеримость целей;
- конъюнктивность (объединение понятий подцелей полностью определяет понятие соответствующей цели).

«Дерево целей» используется, прежде всего для описательных, а не нормативных целей [3].

2.2 Цель лабораторной работы

Цель лабораторной работы состоит в освоении практических навыков при построении дерева целей.

2.3 Задание на лабораторную работу

В соответствии с вариантом задания разработать дерево целей.

Вариант 1. Перед менеджером по работе с персоналом стоит задача: как в краткосрочной перспективе поднять заработную плату персоналу. Составить дерево целей из 3-х уровней.

Вариант 2. Руководитель компьютерной фирмы поставил задачу перед отделом маркетинга: стимулировать сбыт продукции в краткосрочной перспективе. Из 3-4 уровней составить дерево целей.

Вариант 3. Необходимо повысить конкурентоспособность туристической фирмы на рынке. Составить дерево целей из 3-4 уровней.

Вариант 4. Перед генеральным директором ателье по пошиву верхней одежды стоит задача: как отремонтировать производственное здание при ограниченных средствах. Составить дерево целей не менее 4- уровней.

Вариант 5. Студент хочет открыть малое предприятие по туризму. Составить дерево целей из 3-4 уровней.

Вариант 6. Составить дерево целей из 4-5 уровней для участия в модельном бизнесе.

Вариант 7. Перед менеджером по рекламе туристической фирмы стоит задача: как эффективно провести рекламную кампанию. Составить дерево целей не менее 4-х уровней.

Вариант 8. Руководитель фирмы по разработке компьютерных программ поставил задачу перед отделом маркетинга: стимулировать сбыт продукции в краткосрочной перспективе. Составить дерево целей 4-5 уровней.

Вариант 9. Менеджеру по работе с персоналом необходимо провести аттестацию сотрудников. Составить дерево целей из 3 уровней.

Вариант 10. Руководителю в рамках уже существующего предприятия оптовой торговли необходимо привлечь еще покупателей. Составить дерево целей из 4 уровней.

Вариант 11. Сколько двузначных чисел можно составить, используя цифры 1, 4 и 7, если цифры в числе могут повторяться?

Вариант 12. Перед менеджером по работе с персоналом стоит задача: как в краткосрочной перспективе поднять заработную плату персоналу. Составить дерево целей из 3-х уровней.

2.4 Методические указания по выполнению работы

Каждый студент выполняет перечисленные задания в строгом порядке. По результатам работы формируется отчет, содержащий подробное решение задачи. Работа выполняется на компьютере, с применением программ MS Word. Отображение потоков и объектов необходимо выполнять в соответствии с общепринятыми правилами отображения контекстных диаграмм. Подробный процесс построения дерева целей отображен в приведенном ниже примере.

2.5 Пример выполнения задания

Перед руководителем торгового предприятия одежды ООО «Мода» стоит цель увеличения прибыли от реализации товаров.

Для начала рассмотрим, какие существуют пути достижения поставленной цели, то есть увеличения прибыли. Прибыль можно увеличить путем выполнения следующих условий:

- расширить ассортимент;
- внедрить методы стимулирования рынка;
- провести рекламную кампанию.

Реализация каждого из этих направлений подразумевает ряд задач. Для расширения ассортимента необходимо выявить, какие именно ассортиментные позиции добавлять, потому необходимо провести опрос и анкетирование покупателей, а затем внедрить в производство новый товар.

Методы стимулирования рынка, как правило, подразумевают проведение конкурсов, розыгрышей, лотерей, организацию распродаж и оказание дополнительных услуг.

Для рекламной кампании необходимо сделать рекламу и осуществить показ мод.

В итоге проведенного анализа, получено дерево целей, которое представлено на рисунке 4.

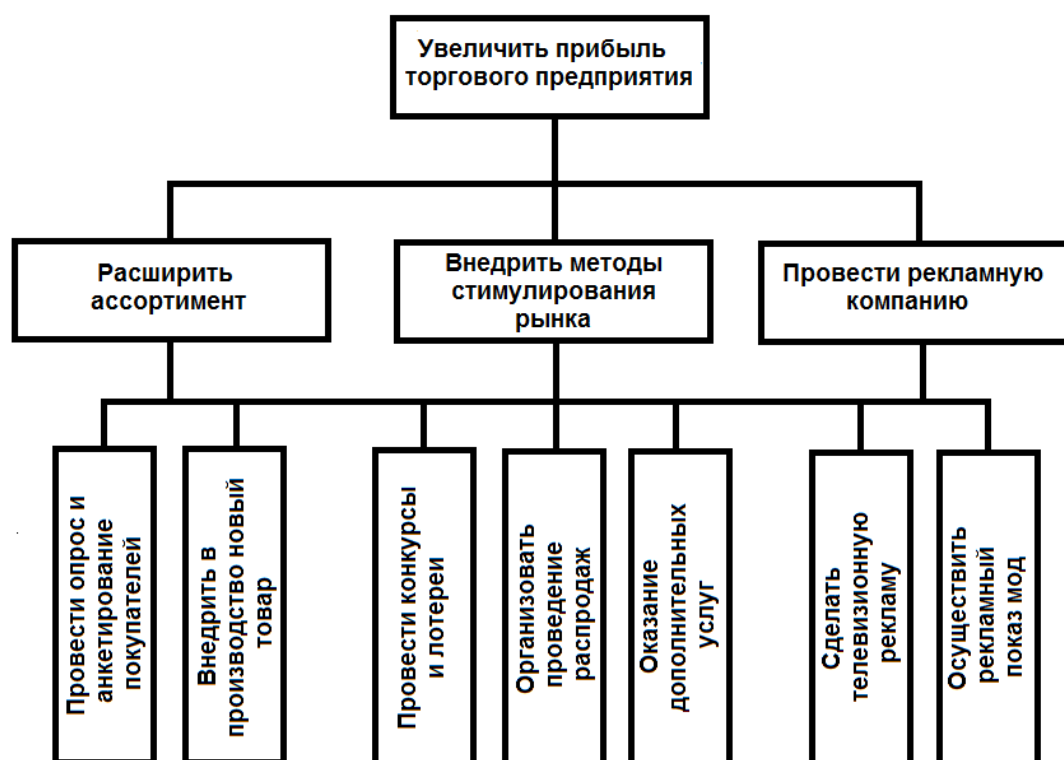


Рисунок 4 – Дерево целей торгового предприятия одежды

2.6 Контрольные вопросы и задания

- 1 Что такое «дерево целей»?
- 2 Каков порядок построения дерева целей?
- 3 Что представляет собой фундамент дерева целей?
- 4 В чем основной смысл построения дерева целей?
- 5 На какое количество элементов рекомендуется делить цель по горизонтали и по вертикали при построении дерева?

3 Лабораторная работа №3. Моделирование объектов и процессов при разработке технических и информационных объектов

3.1 Краткие теоретические сведения

Ни одна модель не должна строиться без ясного осознания объекта моделирования и целей моделирования.

Первый шаг при построении модели – определение назначения модели. Определяется набор вопросов, на которые должна отвечать модель, например:

- почему моделируется данный процесс?
- что должна показывать модель?
- что выявит данная модель?
- как ознакомившиеся с этой моделью смогут ее применить?

Вопросы служат основой для четкого и краткого определения цели моделирования. Модель не может быть построена без четко сформулированной цели. Цель позволяет команде аналитиков сфокусировать усилия в нужном направлении.

Затем определяется точка зрения. Модель должна строиться с единой точки зрения, соответствующей цели моделирования.

Это взгляд человека, который видит систему в нужном для моделирования аспекте. Как правило, выбирается точка зрения человека, ответственного за моделируемую работу в целом.

Однажды выбранная точка зрения остается неизменной для всех элементов модели. При необходимости могут быть созданы другие модели, отображающие систему с других точек зрения.

Далее необходимо четко определить границы (область) моделирования системы в целом и ее основных компонентов. Это основа построения модели.

Хотя предполагается, что в течение моделирования область может корректироваться (так как область имеет тенденцию к расширению с увеличением размеров модели), она должна быть в основном сформулирована изначально.

При формулировании области необходимо учитывать два компонента – широту и глубину. Широта определяет, что будет рассматриваться внутри системы, а что снаружи. Глубина детализации определяет степень подробности, с которой нужно проводить декомпозицию функциональных блоков, определяет, на каком уровне детализации модель является завершенной. Отсутствие границ глубины затрудняет оценку степени завершенности модели.

При определении глубины системы необходимо не забывать об ограничениях времени – трудоемкость построения модели растет в геометрической прогрессии от глубины декомпозиции.

После определения границ модели предполагается, что новые объекты не должны вноситься в моделируемую систему; поскольку все объекты модели взаимосвязаны, внесение нового объекта может быть не просто арифметической добавкой, но в состоянии изменить существующие взаимосвязи. Внесение таких изменений в готовую модель является, как правило, очень трудоемким процессом.

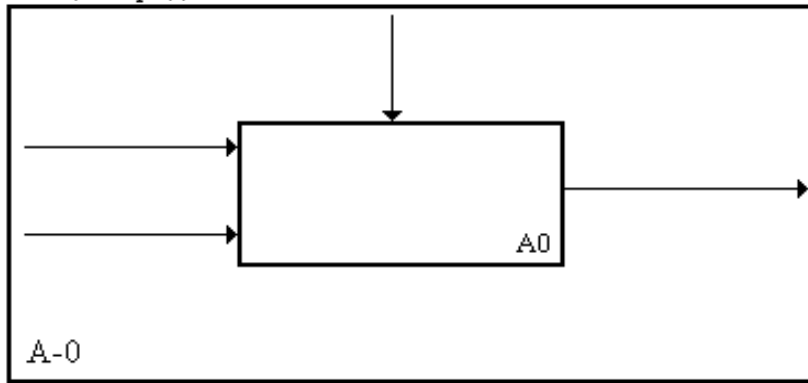
После определения цели, точки зрения, границ можно приступать непосредственно к построению модели.

Процесс моделирования системы начинается с определения контекста, т.е. наиболее абстрактного уровня описания системы в целом и ее взаимодействия с внешней средой.

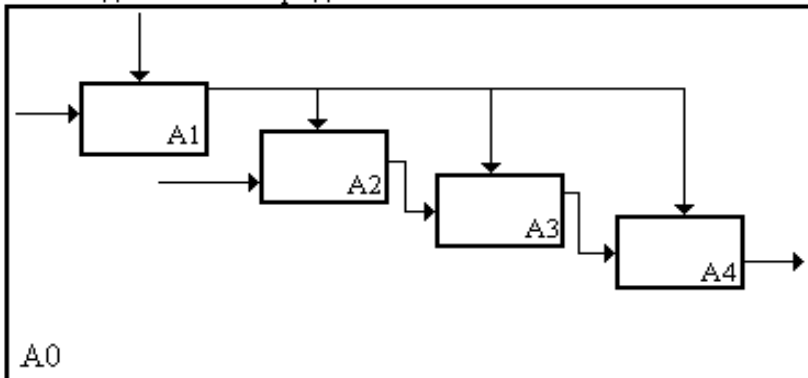
Строится контекстная диаграмма IDEF0 – диаграмма «самого верхнего» уровня. Она содержит в себе одну единственную функцию – контекстную функцию.

Затем производится разбиение контекстной функции на крупные фрагменты – декомпозиция (детализация). Строятся диаграммы декомпозиции (рисунки 5) [4].

Общее представление



Более детальное представление



Верхняя
диаграмма
является
родительской
для нижней
диаграммы

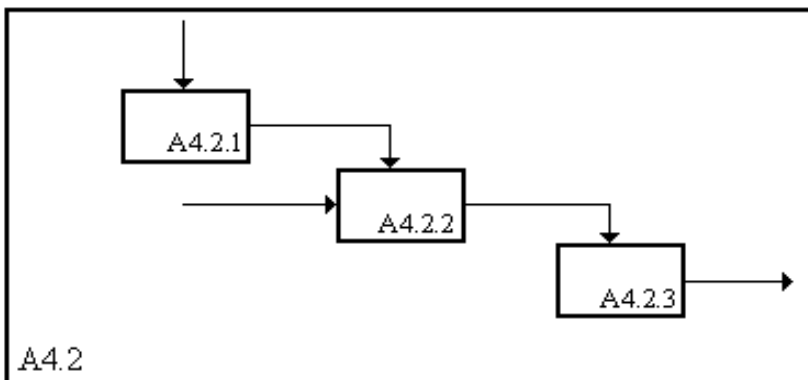
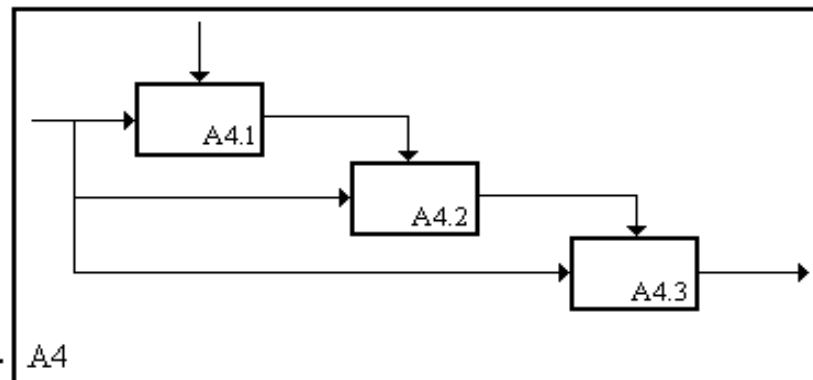
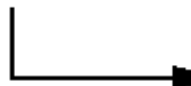


Рисунок 5 – Декомпозиция функции

Разбиение основано на простой концепции нисходящего поэтапного разбиения функций системы на подфункции. Граница диаграммы декомпозиции

есть граница декомпозируемого блока. Это та же часть системы, но показанная с большей детализацией. Функции на диаграммах декомпозиции обычно располагаются по диагонали от левого верхнего угла к правому нижнему. Согласно этому принципу расположения, в левом верхнем углу располагается самая важная функция или функция, выполняемая по времени первой. Далее вправо вниз располагаются менее важные или выполняемые позже функции. Такое расположение облегчает чтение диаграмм, кроме того, на нем основывается понятие взаимосвязей функций. Связь между функциями одной диаграммы может быть случайной, логической, временной, последовательной, функциональной и др.

Таким образом, получают модель, представляющую собой серию диаграмм с сопроводительной документацией, разбивающих сложную систему на составные части, изображенные в виде блоков. Детали (подробности) каждого из блоков показаны в виде блоков на других диаграммах. Каждая детальная диаграмма является декомпозицией блока из более общей диаграммы. На каждом шаге декомпозиции более общая диаграмма называется родительской для более детальной диаграммы, а более детальная называется дочерней [4].

3.2 Цель лабораторной работы

Цель лабораторной работы состоит в освоении практических навыков при моделировании процессов и объектов технических и информационных систем.

3.3 Задание на лабораторную работу

В соответствии с вариантом задания разработать модель, содержащую контекстную диаграмму и диаграмму второго уровня с двумя функциональными блоками.

Вариант 1. Документальное обеспечение управленческой деятельности коммерческой фирмы.

Вариант 2. Подготовка в организации деловых писем.

Вариант 3. Обработка экономической информации в базах данных производственного предприятия.

Вариант 4. Процесс поставки сезонных товаров в коммерческой фирме.

Вариант 5. Порядок приема заявки на поставку продукции на хлебокомбинате.

Вариант 6. Документальное обеспечение управленческой деятельности магазина электроники.

Вариант 7. Подготовка в организации контрактов приема на работу.

Вариант 8. Поставки товара в систему розничных киосков.

Вариант 9. Учет проката на лыжной базе.

Вариант 10. Подготовка в организации договоров на оказание услуг.

Вариант 11. Документальное обеспечение управленческой деятельности ВУЗа.

Вариант 12. Обработка экономической информации в базах данных банка.

3.4 Методические указания по выполнению работы

Каждый студент выполняет свой вариант. По результатам работы формируется отчет, содержащий подробное решение задачи.

Работа выполняется на компьютере, с применением программ MS Word или Bizagi BPM Suite Bizagi Process Modeler. Отображение потоков и объектов необходимо выполнять в соответствии с общепринятыми правилами отображения диаграмм декомпозиции. Подробный процесс построения черного ящика отображен в приведенном ниже примере.

3.5 Пример выполнения задания

Необходимо выполнить диаграммы в нотации IDEF0 для модели «Деятельность пользователя ПЭВМ при работе с графическими изображениями».

Диаграммы декомпозиции приведены на рисунках 6 – 9.

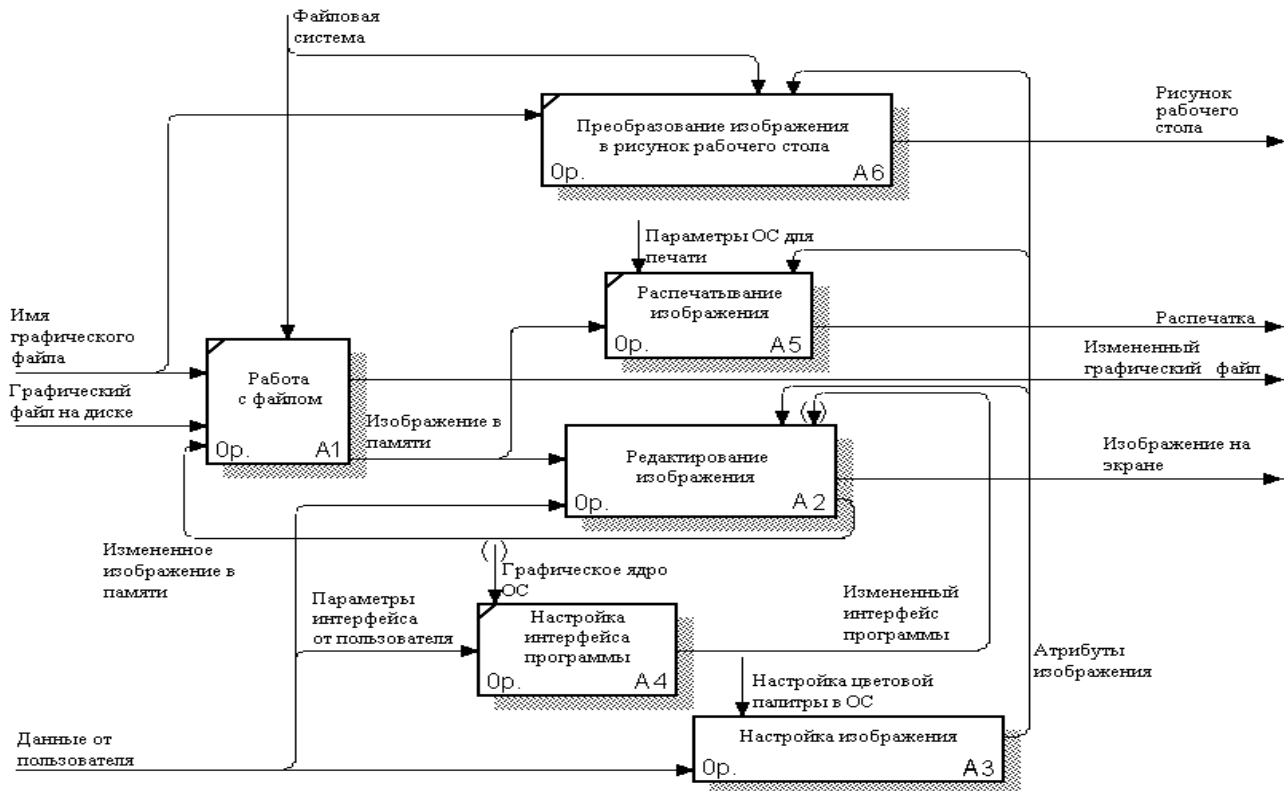


Рисунок 6 – Диаграмма декомпозиции контекстной диаграммы функциональной модели в нотации IDEF0

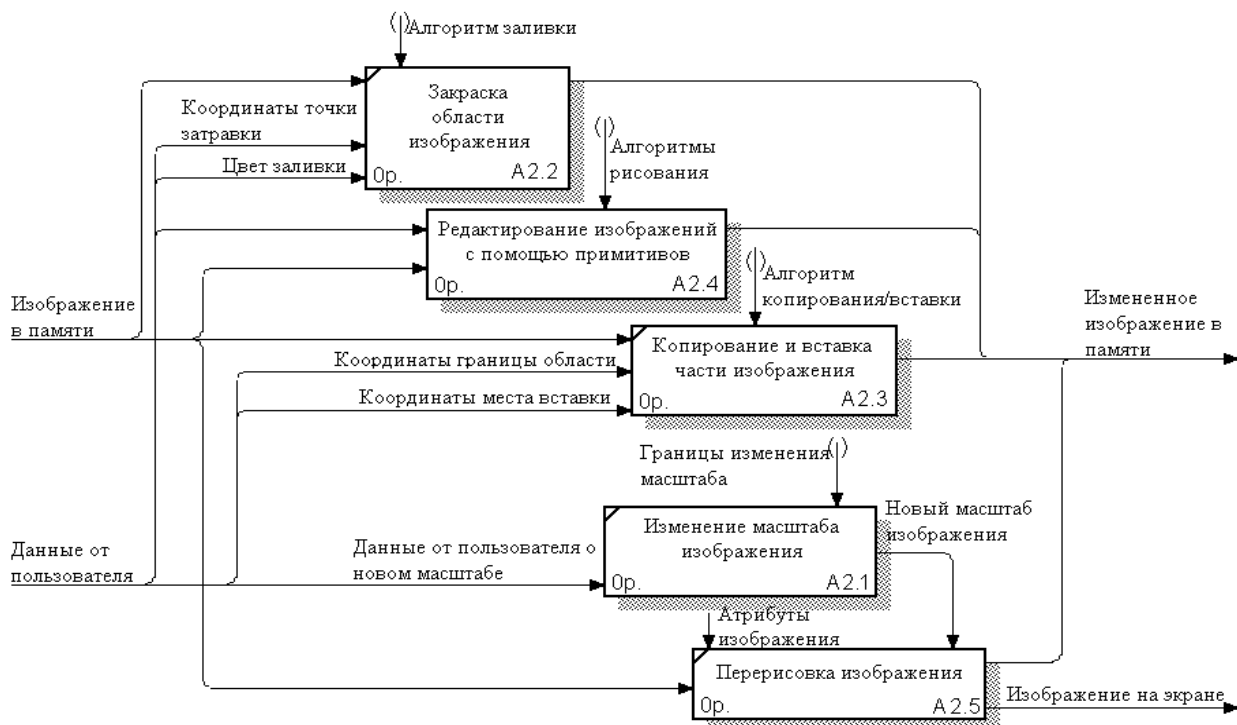


Рисунок 7 – Диаграмма декомпозиции процесса A2 «Редактирование изображения» в нотации IDEF0

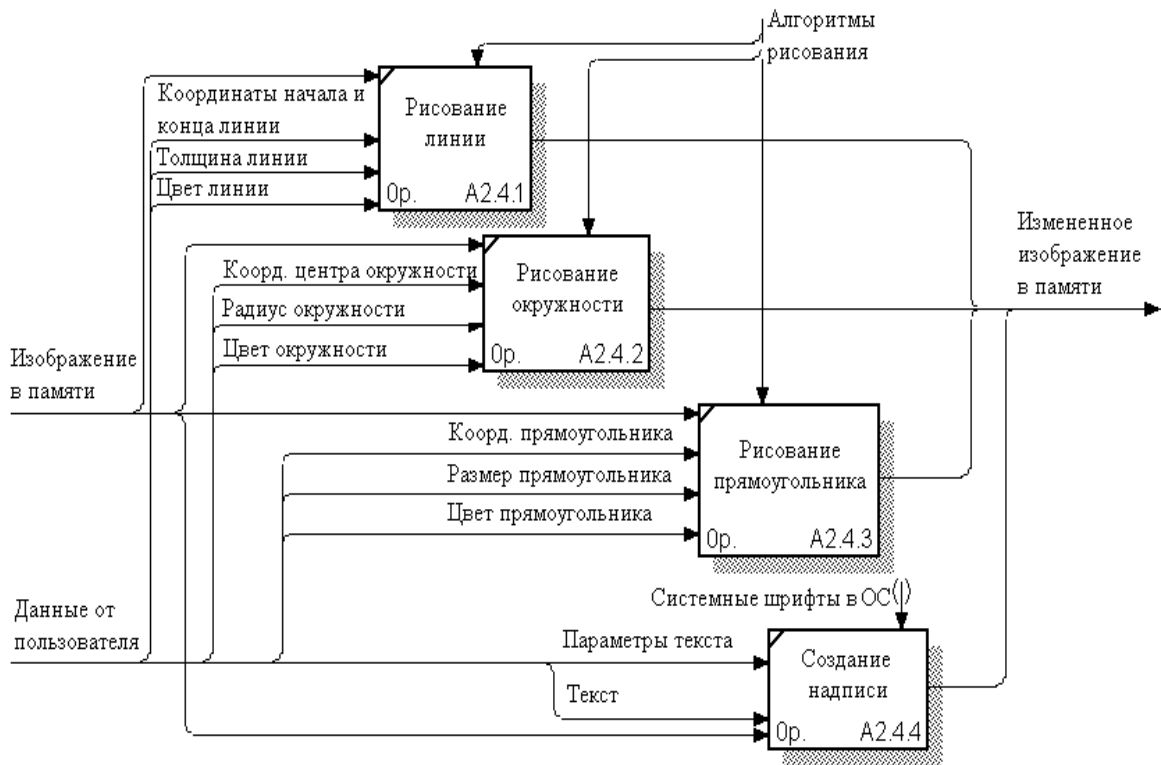


Рисунок 8 – Диаграмма декомпозиции процесса A2.4 «Редактирование изображений с помощью примитивов» в нотации IDEF0

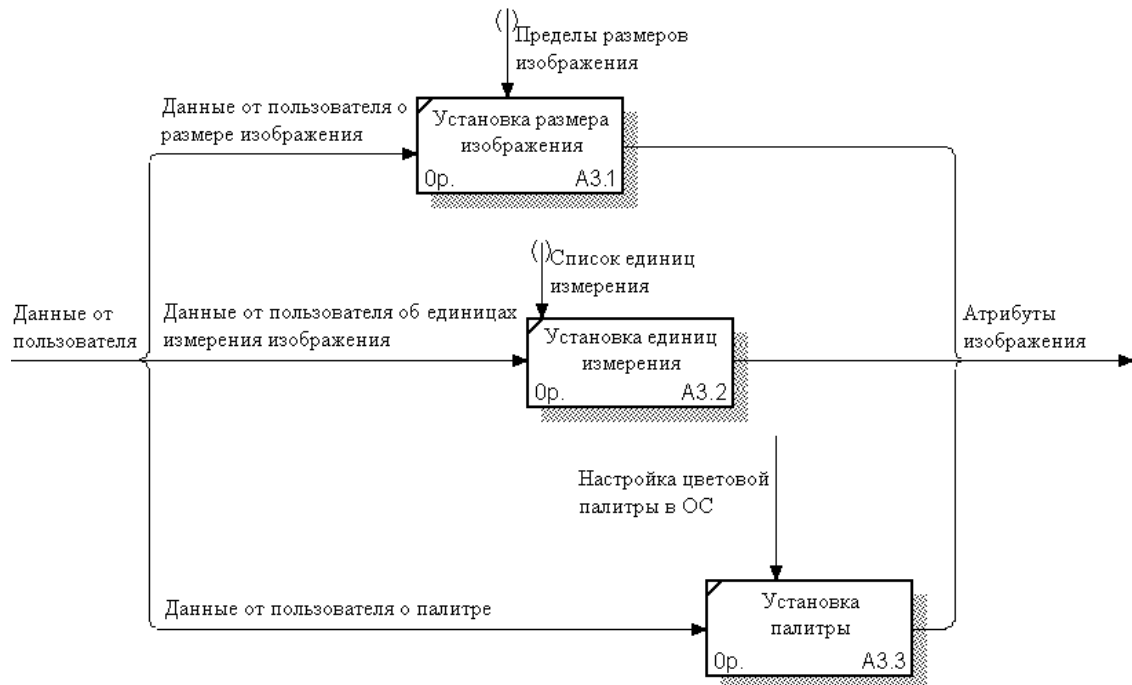


Рисунок 9 – Диаграмма декомпозиции процесса A3 «Настройка изображения» в нотации IDEF0

3.6 Контрольные вопросы и задания

- 1 Каково назначение и сущность методологии IDEF0?
- 2 Какие существуют направления IDEF0-моделирования?
- 3 В чем достоинства методологии IDEF0?
- 4 Какова цель модели в IDEF0?
- 5 Что такое «точка зрения» модели в IDEF0?
- 6 Что является субъектом моделирования в IDEF0?
- 7 Перечислить правила представления работ на IDEF0-диаграмме.
- 8 Указать назначения сторон функциональных блоков на IDEF0-диаграмме.
- 9 Каков принцип доминирования и его представление на IDEF0-диаграмме?
- 10 Перечислить назначение связей на IDEF0-диаграмме.
- 11 Провести описание связей на IDEF0-диаграмме.
- 12 Указать виды отношений между блоками и дугами на IDEF0-диаграмме.

4 Лабораторная работа №4. Решение задач линейного программирования. Задача оптимизации планирования производства

4.1 Краткие теоретические сведения

Большинство задач, с которыми приходится иметь дело в повседневной практике, являются многовариантными. Среди множества возможных вариантов приходится отыскивать в некотором смысле наилучший вариант при ограничениях, налагаемых на природные, экономические и технологические возможности. Такие задачи получили название оптимизационных.

Задачи такого рода возникают во многих областях человеческой деятельности: в экономике (планирование и управление экономическими объектами), в технике (оптимальное проектирование конструкций и другие). В настоящее время оптимизация стала неотъемлемой частью культуры проектирования.

Оптимизация в математике – это задача нахождения экстремума (минимума или максимума) целевой функции в некоторой области конечномерного векторного пространства, ограниченной набором линейных и/или нелинейных равенств и/или неравенств. Для решения задачи оптимизации математическими методами необходимо составить её математическую модель. Математическая модель задачи – это отражение оригинала в виде совокупности функций, уравнений, неравенств, цифр и т. д.

Модель задачи оптимизации в себя включает:

- совокупность неизвестных величин $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, варьируя которыми можно искать оптимальное решение. Их называют планом (решением) задачи;
- целевую функцию (критерий оптимальности). Целевая функция позволяет получить численную оценку (критерий) оптимальности выбранного решения. Наилучший вариант доставляет целевой функции экстремальное значение.

ние. Целевой функцией может быть прибыль предприятия, затраты производства, объём выпуска продукции и т. д., выраженные через неизвестные X ;

– условия (или систему ограничений) налагаемые на неизвестные величины. Эти условия, например, следуют из ограниченности ресурсов, которыми располагает предприятие в данный момент: материальные, трудовые, финансовые, технологические и т.п.

После составления математической модели задачу оптимизации можно записать следующим образом: найти план $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, доставляющий экстремальное значение целевой функции

$$f = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

при ограничениях:

$g(x_1, x_2, \dots, x_n) \{ \leq, \geq \} b_j (j=1, \dots, k)$ – ограничения в виде неравенств,

$g(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_j (j= k+1, \dots, m)$ – ограничения в виде равенств.

Число неизвестных n называют размерностью задачи.

В большинстве практических задач на план (переменные) задачи для упрощения накладывается ограничение неотрицательности: $x_i \geq 0, (i=1, \dots, n)$.

План $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, который удовлетворяет всем ограничениям задачи, называется допустимым решением задачи. Но это еще не само решение оптимизационной задачи.

Допустимое решение, при котором целевая функция принимает экстремальное значение, называется оптимальным решением.

Если в формулировке задачи отсутствуют ограничения, то она называется задачей безусловной оптимизации, в противном случае задача называется задачей условной оптимизации.

В настоящее время разработано множество методов-ориентированных ППП, позволяющих решать широкие классы задач математического программирования. Мощный и достаточно простой инструмент решения задач матема-

тического программирования предлагает электронный табличный процессор Microsoft Excel: примеры практического использования представлены в [5].

4.2 Цель лабораторной работы

Цель лабораторной работы состоит в освоении практических навыков при решении оптимизационных задач.

4.3 Задание на лабораторную работу

Для изготовления трёх видов изделий P_1 , P_2 и P_3 используют три вида материалов: S_1 , S_2 , S_3 . Запасы материалов, технологические нормы расхода материалов на каждое изделие и цена единицы изделия приведены в таблице 2. Составить план выпуска изделий, обеспечивающих их максимальный выпуск по стоимости.

Таблица 2 – Запасы материалов, технологические нормы расхода материалов на каждое изделие и цена единицы изделия

| Вид материала | Норма расхода материала на одно изделие, кг | | | Запас материала, кг |
|----------------------------|---|----------|----------|---------------------|
| | P_1 | P_2 | P_3 | |
| S_1 | a_{11} | a_{12} | a_{13} | b_1 |
| S_2 | a_{21} | a_{22} | a_{23} | b_2 |
| S_3 | a_{31} | a_{32} | a_{33} | b_3 |
| Цена одного изделия (у.е.) | c_1 | c_2 | c_3 | max |

- 1 Составить математическую модель задачи;
- 2 Решить задачу в Excel;
- 3 Сделать вывод.

Варианты для решения задачи приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Варианты заданий

| № варианта | Задание |
|------------|---|
| 1 | $a_{11}=1, a_{12}=2, a_{13}=1, a_{21}=2, a_{22}=1, a_{23}=3, a_{31}=4, a_{32}=2, a_{33}=1; b_1=420, b_2=600, b_3=900; c_1=3, c_2=3, c_3=4$ |
| 2 | $a_{11}=3, a_{12}=6, a_{13}=4, a_{21}=2, a_{22}=1, a_{23}=2, a_{31}=2, a_{32}=3, a_{33}=1; b_1=180, b_2=50, b_3=40; c_1=6, c_2=5, c_3=5$ |
| 3 | $a_{11}=16, a_{12}=18, a_{13}=9, a_{21}=7, a_{22}=7, a_{23}=2, a_{31}=9, a_{32}=2, a_{33}=3; b_1=520, b_2=140, b_3=810; c_1=8, c_2=6, c_3=4$ |
| 4 | $a_{11}=4, a_{12}=8, a_{13}=2, a_{21}=3, a_{22}=8, a_{23}=4, a_{31}=12, a_{32}=4, a_{33}=6; b_1=116, b_2=240, b_3=432; c_1=8, c_2=6, c_3=6$ |
| 5 | $a_{11}=4, a_{12}=2, a_{13}=6, a_{21}=2, a_{22}=4, a_{23}=3, a_{31}=6, a_{32}=8, a_{33}=0; b_1=120, b_2=160, b_3=240; c_1=2, c_2=3, c_3=2$ |
| 6 | $a_{11}=8, a_{12}=10, a_{13}=20, a_{21}=4, a_{22}=13, a_{23}=8, a_{31}=2, a_{32}=18, a_{33}=12; b_1=800, b_2=520, b_3=940; c_1=3, c_2=6, c_3=7$ |
| 7 | $a_{11}=3, a_{12}=3, a_{13}=9, a_{21}=10, a_{22}=9, a_{23}=15, a_{31}=5, a_{32}=5, a_{33}=1; b_1=810, b_2=900, b_3=250; c_1=7, c_2=7, c_3=6$ |
| 8 | $a_{11}=17, a_{12}=5, a_{13}=5, a_{21}=8, a_{22}=6, a_{23}=6, a_{31}=4, a_{32}=2, a_{33}=4; b_1=850, b_2=1120, b_3=1060; c_1=8, c_2=7, c_3=4$ |
| 9 | $a_{11}=2, a_{12}=1, a_{13}=6, a_{21}=3, a_{22}=3, a_{23}=9, a_{31}=2, a_{32}=1, a_{33}=2; b_1=240, b_2=540, b_3=120; c_1=14, c_2=6, c_3=22$ |
| 10 | $a_{11}=2, a_{12}=3, a_{13}=6, a_{21}=6, a_{22}=8, a_{23}=2, a_{31}=3, a_{32}=4, a_{33}=2; b_1=450, b_2=400, b_3=350; c_1=3, c_2=5, c_3=4$ |
| 11 | $a_{11}=1, a_{12}=1, a_{13}=1, a_{21}=2, a_{22}=1, a_{23}=3, a_{31}=4, a_{32}=2, a_{33}=3; b_1=160, b_2=200, b_3=240; c_1=4, c_2=3, c_3=5$ |
| 12 | $a_{11}=2, a_{12}=3, a_{13}=6, a_{21}=4, a_{22}=2, a_{23}=4, a_{31}=4, a_{32}=6, a_{33}=8; b_1=240, b_2=200, b_3=160; c_1=4, c_2=5, c_3=4$ |

4.4 Методические указания по выполнению работы

Каждый студент выполняет свой вариант. По результатам работы формируется отчет, содержащий подробное решение задачи. Работа выполняется на компьютере, с применением программ MS Word и MS Excel. Расчет параметров уравнений осуществляется при помощи команды «Поиск решения». Подробный процесс решения уравнений отображен в приведенном ниже примере.

4.5 Пример выполнения задания

Кондитерский цех выпускает три вида продукции M_1, M_2, M_3 . Для изготовления продукции используется три вида сырья P_1, P_2, P_3 . Запасы сырья ограничены. Известны нормы расхода сырья на единицу продукции, а также известна прибыль от реализации единицы продукции.

Требуется определить оптимальное количество выпуска продукции M_1, M_2, M_3 , исходя из ограничений по запасам сырья, чтобы прибыль от их реализации была максимальной.

Исходные данные задачи приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для задачи

| Виды сырья | Расход сырья на единицу продукции | | | Общий запас сырья |
|------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|----------------------|
| | M_1 | M_2 | M_3 | |
| P_1 | 2 | 1 | 3 | 2660 |
| P_2 | 1 | 3 | 2 | 2000 |
| P_3 | 3 | 4 | 1 | 3030 |
| Прибыль на единицу продукции | 20 | 24 | 28 | $Z \rightarrow \max$ |

В пакете ПП Excel данная задача решается с помощью команды *Поиск решения*. Если на вкладке *Данные* отсутствует команда *Поиск решения*, то для ее установки необходимо выполнить команду *Файл* → *Параметры, Настройки* → *Выделить строку* *Пакет анализа* и щелкнуть по кнопке *Перейти* → поставить флажок *Поиск Решения* и нажать ОК. После этого на вкладке *Данные* в группе *Анализ* появится команда *Поиск Решения*.

Для решения оптимизационной задачи необходимо выполнить следующие действия:

1 Подготовить электронную таблицу:

– отведем ячейки A3 и C3 под значения переменных, введя туда произвольные начальные приближения, например, $x_1=1, x_2=1, x_3=1$.

– в ячейку B4 введем функцию цели:

$$=20x_1 + 24x_2 + 28x_3$$

– в ячейки А6 : А8 введём формулы левых частей ограничений:

$$=2x_1 + x_2 + 3x_3;$$

$$=x_1 + 3x_2 + 4x_3;$$

$$=3x_1 + 2x_2 + x_3;$$

– в ячейки В6 : В8 введём правые части ограничений.

В режиме отображения формул эта таблица представлена на рисунке 10.

| | А | В | С |
|---|------------------------|--------------------|-----------|
| 1 | Переменные | | |
| 2 | x1 | x2 | x3 |
| 3 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | целевая функция | =20*А3+24*В3+28*С3 | |
| 5 | Ограничения | | |
| 6 | =2*А3+В3+3*С3 | 2660 | |
| 7 | =А3+3*В3+4*С3 | 2000 | |
| 8 | =3*А3+2*В3+С3 | 3030 | |

Рисунок 10 – Электронная таблица для решения задачи в режиме отображения формул

2 После этого выберем команду *Данные* → *Поиск решения* и заполним открывшееся диалоговое окно *Поиск решения* (рисунок 11).

В поле *Установить целевую ячейку* дается ссылка на ячейку с функцией, для которой будет находиться максимум, минимум или заданное значение. В нашей задаче в это поле вводим \$B\$4.

Тип взаимосвязи между решением и целевой ячейкой задается путем установки переключателя в группе *Равной*. Для нахождения минимального или максимального значения функции этот переключатель ставится в положение *Максимальному* значению или *Минимальному* значению соответственно, для нахождения значения целевой функции, равного некоторому числу, переключатель

тель ставится в положение *Значения*. Тогда в соответствующее поле вводится требуемое число.

В поле *Изменяя ячейки* указываются ячейки, которые должны изменяться в процессе поиска решения задачи, т.е. ячейки, отведенные под переменные задачи. В предлагаемом случае вводим в это поле диапазон \$A\$3 : \$C\$3.

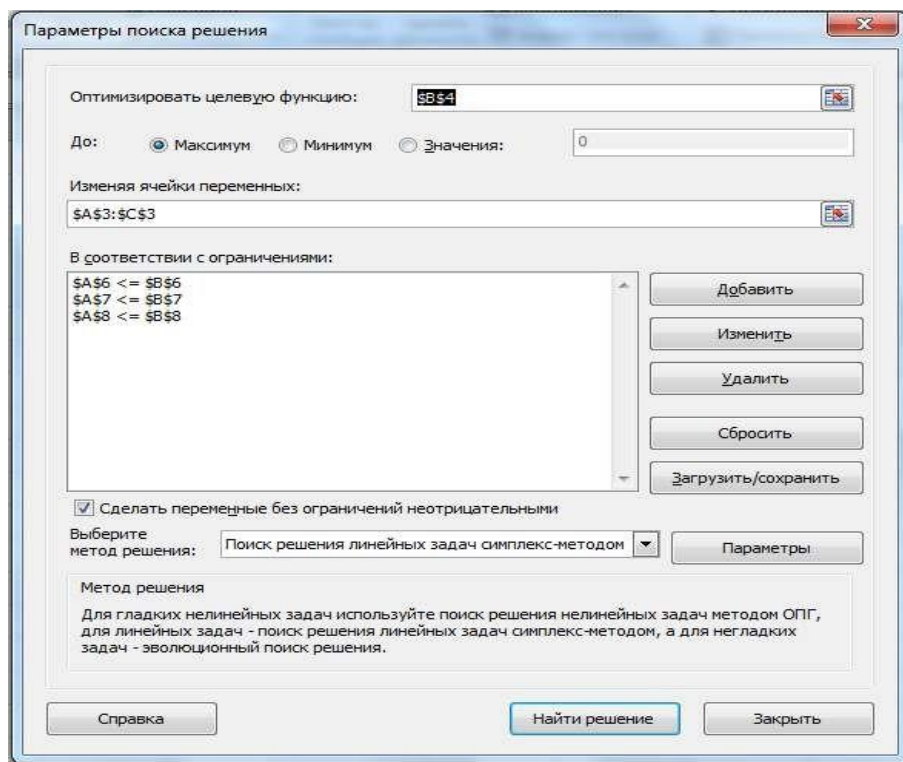


Рисунок 11 – Диалоговое окно Поиск решения

Ограничения, налагаемые на переменные задачи, отображаются в поле *Ограничения*. Средство *Поиск решения* допускает ограничения в виде равенств, неравенств, а также позволяет ввести требование целочисленности переменных. Ограничения добавляются по одному.

Для ввода ограничений следует нажать кнопку *Добавить* в диалоговом окне *Поиск решения* и в открывшемся диалоговом окне *Добавление ограничения* заполнить поля (рисунок 12).

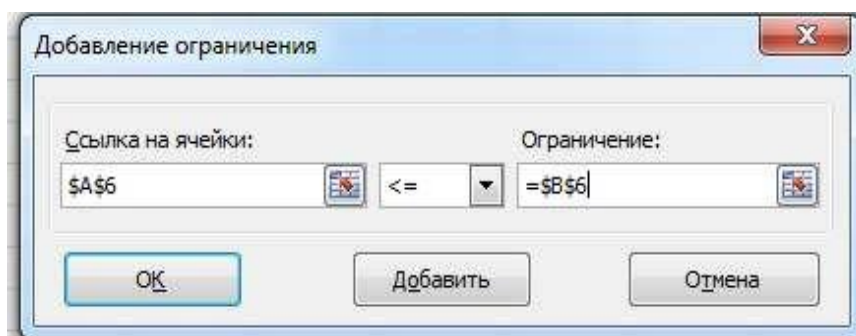


Рисунок 12 – Диалоговое окно *Добавление ограничения*

В поле *Ссылка на ячейки* вводится первая часть ограничения – \$A\$6 (щелчком по соответствующей ячейке), а в поле *Ограничение* – правая часть – \$B\$6. С помощью раскрывающегося списка вводится тип соотношения между левой и правой частями ограничения (<, =, >, ≥, ≤, цел). В рассматриваемом примере это знак ≤.

Затем следует нажать кнопку *Добавить* в диалоговом окне *Добавление ограничения* и ввести поочередно следующие ограничения, налагаемые на переменные. Нажатие кнопки *ОК* завершает ввод ограничений. Они отобразятся в окне диалога *Поиск решения*.

Требование неотрицательности переменных задаётся путём установки флажка в строке *Сделать переменные без ограничений неотрицательными*. Кнопки *Добавить*, *Изменить* и *Удалить* позволяют, соответственно, ввести дополнительное ограничение, изменить вид выделенного в списке ограничения или удалить его. Для задания метода решения задачи в раскрывающемся списке *Выберите метод* решения надо выбрать *Поиск решения* линейных задач симплекс-методом.

3 После установки необходимых параметров следует нажать кнопку *ОК* и затем в окне *Поиск решения* нажать кнопку *Найти решение*.

Откроется окно *Результаты* поиска решения (рисунок 13), которое сообщает, что решение найдено (не найдено), (или будет выведено сообщение, позволяющее установить причину прекращения решения задачи, например, в

том случае, когда пустое множество допустимых решений или происходит за-
цикливание итерационной процедуры).

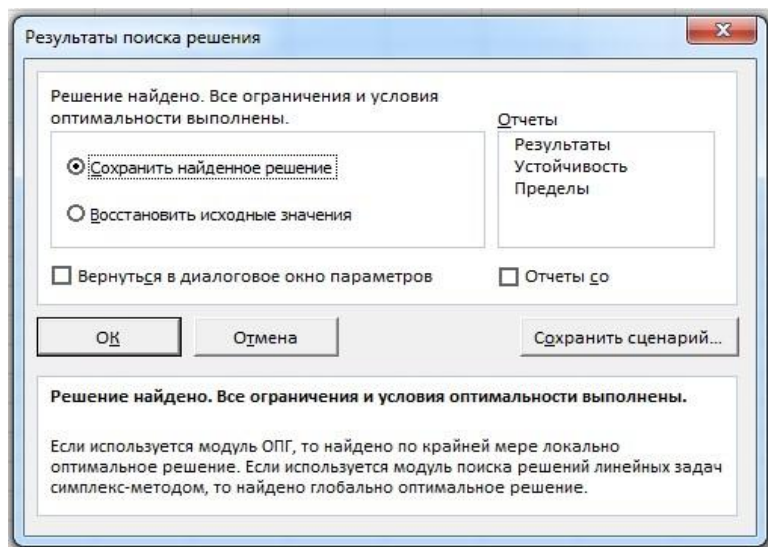


Рисунок 13 – Диалоговое окно *Результаты поиска решения*

Установив переключатель в положение *Сохранить найденное решение*, можно сохранить найденное решение задачи в соответствующих ячейках электронной таблицы. В ячейках A3:C3 появятся оптимальные значения переменных, а в ячейке B4 – максимальное значение целевой функции.

Результаты решения представлены на рисунке 14.

| | A | B | C |
|---|-----------------|-------|-----|
| 1 | Переменные | | |
| 2 | x1 | x2 | x3 |
| 3 | 920 | 0 | 270 |
| 4 | целевая функция | 25960 | |
| 5 | Ограничения | | |
| 6 | 2650 | 2660 | |
| 7 | 2000 | 2000 | |
| 8 | 3030 | 3030 | |

Рисунок 14 – Результаты решения задачи

На основе полученных результатов можно сделать следующий вывод: кондитерскому цеху надо выпустить продукции первого вида M_1 в количестве 920 усл. единиц, третьего вида M_3 – в количестве 270 усл. единиц, продукцию второго вида M_2 выпускать невыгодно. При таком плане выпуска продукции с учётом имеющихся ограничений будет получена максимальная прибыль в размере 25960 усл. единиц.

4.6 Контрольные вопросы и задания

- 1 Назвать основные предположения, которым должна удовлетворять модель ЛП.
- 2 Назвать основные этапы формализации ЗЛП.
- 3 Сформулировать проблему, которую можно формализовать как ЗЛП.
- 4 Дать определение ЗЛП.
- 5 Дать определение допустимого решения ЗЛП и допустимого множества решений ЗЛП.
- 6 Что понимают под оптимальным решением ЗЛП?
- 7 Дать определение выпуклого множества.

5 Лабораторная работа №5. Решение задач принятия решений в условиях риска и неопределенности

5.1 Краткие теоретические сведения

При решении вопросов системных исследований, таких как проектирование информационных систем, организация их эксплуатации возникает большое количество задач, в основе которых лежат вероятностные модели объектов или процессов, описывающих исследуемые явления. Примерами таких задач являются задачи оценивания параметров эффективности и надежности технических средств, прогнозирование поведения параметров системы, задачи, связанные с контролем работоспособности и диагностикой неисправностей при функционировании систем и отдельных компонентов, задачи организации срока службы отдельных элементов, узлов, подсистем.

В большинстве случаев существуют естественные вероятностные модели, отражающие реальный ход процессов динамического поведения объектов. Эти модели строятся на основе математических, физических или технических закономерностей, отражающих функционирование отдельных объектов, воздействие объектов друг на друга. В ряде случаев для построения вероятностной модели используется объективная информация о поведении объектов в процессе эксплуатации. По результатам обработки этой информации с помощью специальных методов математической статистики производят построение зависимостей. Например, существующие методы проверки статических гипотез позволяют обоснованно подойти к выбору закона распределения некоторой случайной величины на основании реализовавшихся значений.

И, наконец, существуют ситуации, когда построение вероятностной модели происходит субъективно, на основании интуиции и опыта системного аналитика. При построении вероятностной модели на основании субъективной информации необходимо тщательно анализировать комбинации состояний ди-

намических объектов, возможность появления критических ситуаций, степень вероятности ситуаций. Необходимо также привлекать информацию о сходных процессах, результатах приближенных расчетов.

Следует заметить, что при построении вероятностных моделей процессов предпочтение следует отдавать моделям, учитывающим объективные данные. Субъективные оценки необходимо применять, когда отсутствуют возможности для получения объективных данных. Однако в некоторых задачах учет субъективных вероятностей наряду с объективной информацией бывает весьма полезным.

При формировании субъективных вероятностей исследователь должен постараться выразить вероятности рассматриваемых событий через вероятности более простых явлений, которые либо являются заданными, либо поддаются объективной оценке или вычислению.

С точки зрения информированности лица, принимающего решения (ЛПР), относительно зависимости исходов операции от условий ее проведения и принимаемых решений различают следующие варианты задач принятия решений:

1 *Принятие решений в условиях полной определенности*, когда отсутствует влияние на исход операции каких-либо случайных воздействий. Данные задачи принятия решений (ЗПР) называются детерминированными, так как они характеризуются однозначной (детерминированной) связью между принятым решением и его исходом.

2 *Принятие решений в условиях риска*, когда исход операции зависит не только от принятого решения, но и от случайных факторов (воздействий), статистические свойства которых известны или в принципе могут быть получены к нужному сроку. Такие задачи называют стохастическими (вероятностными) или задачами принятия решений в условиях риска. В стохастических ЗПР критерий оптимальности зависит, кроме вариантов решений и детерминированных факторов, также от фиксированных случайных факторов, законы распределения которых известны оперирующей стороне.

3 *Принятие решений в условиях неопределенности*, когда статистические свойства случайных факторов либо неизвестны, либо не могут быть определены. В результате влияния неопределенных факторов каждая стратегия ЛПР оказывается связанной с множеством возможных исходов, вероятности которых либо неизвестны, либо вовсе не имеют смысла.

4 *Принятие решений в конфликтных ситуациях*, когда ЛПР противостоит разумный противник с противоположной целью. Упрощенная схематизированная модель конфликтной ситуации называется игрой. От реальной конфликтной ситуации игра отличается тем, что ведется по вполне определенным правилам.

Остановимся подробнее на принятии решений в условиях неопределенности.

Для принятия решений в условиях неопределенности используется ряд критериев. Эти критерии отличаются по степени консерватизма, который проявляет лицо, принимающее решение, при выборе в условиях неопределенности.

Критерий Лапласа опирается на принцип, который гласит, что, поскольку распределение вероятностей состояний $P(s_j)$ неизвестно, нет причин их считать различными. Следовательно, используется оптимистическое предположение, что вероятности всех состояний природы равны между собой, т.е.

$$P(s_1) = P(s_2) = \dots = P(s_n) = \frac{1}{n}.$$

Тогда при анализе матрицы прибылей, наилучшее решение находится по формуле:

$$\max_{a_i} \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v(a_i, s_j) \right],$$

где $v(a_i, s_j)$ – элемент матрицы прибылей.

Если величина $v(a_i, s_j)$ представляет расходы лица, принимающего решение, то оператор «max» меняется на «min».

Максиминный (минимаксный) критерий основан на осторожном поведении лица, принимающего решение, и сводится к набору наилучшей альтернативы из наихудших. Если величина $v(a_i, s_j)$ представляет получаемую прибыль, то в соответствии с максиминным критерием в качестве оптимального выбирается решение, обеспечивающее

$$\max_{a_i} \left[\min_{s_j} v(a_i, s_j) \right].$$

Если величина $v(a_i, s_j)$ представляет затраты, используется минимаксный критерий, который определяется следующим соотношением

$$\min_{a_i} \left[\max_{s_j} v(a_i, s_j) \right].$$

Критерий Сэвиджа стремится смягчить консерватизм минимаксного (максиминного) критерия путем замены матрицы платежей (выигрышей или погрешностей) $v(a_i, s_j)$ матрице потерь $r(a_i, s_j)$

$$r(a_i, s_j) = \begin{cases} \max_{a_k} [v(a_k, s_j)] - v(a_i, s_j), & \text{если } v - \text{доход;} \\ v(a_i, s_j) - \min_{a_k} [v(a_k, s_j)], & \text{если } v - \text{затраты.} \end{cases}$$

В дальнейшем для анализа матрицы потерь используется минимаксный критерий.

Критерий Гурвица охватывает ряд различных подходов к принятию решений – от наиболее оптимистичного до наиболее пессимистичного. Если величины $v(a_i, s_j)$ представляют доходы, то решению соответствует

$$\max_{a_i} \left[\alpha \max_{s_j} v(a_i, s_j) + (1 - \alpha) \min_{s_j} v(a_i, s_j) \right],$$

где параметр α – показатель оптимизма ($0 \leq \alpha \leq 1$). При $\alpha=0$ критерий Гурвица становится консервативным, так как его применение эквивалентно применению обычного минимаксного критерия. При $\alpha=1$ критерий Гурвица становится оптимистичным, т.к. рассчитывает на наилучшие из наилучших условий. Степень оптимизма (или пессимизма) определяется выбором величины α [7].

Если $v(a_i, s_j)$ выражают потери, критерий Гурвица принимает вид:

$$\min_{a_i} \left[\alpha \min_{s_j} v(a_i, s_j) + (1 - \alpha) \max_{s_j} v(a_i, s_j) \right].$$

5.2 Цель лабораторной работы

Цель лабораторной работы состоит в приобретении практических навыков принятия решений в условиях риска и неопределенности и использования среды MS Excel для нахождения оптимальной стратегии.

5.3 Задание на лабораторную работу

Определить оптимальную стратегию с использованием табличного редактора MS Excel. Разработать словесную формулировку задачи принятия решений в условиях неопределенности.

Таблица 5 – Варианты заданий

| № варианта | Задача | | | | | № варианта | Задача | | | | | | |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| 1 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | 7 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | S ₅ | |
| | X ₁ | 6 | 12 | 20 | 24 | | X ₁ | 6 | 2 | 4 | 10 | 14 | |
| | X ₂ | 9 | 7 | 9 | 28 | | X ₂ | 9 | 7 | 14 | 9 | 18 | |
| | X ₃ | 23 | 18 | 15 | 19 | | X ₃ | 13 | 18 | 16 | 15 | 9 | |
| | X ₄ | 27 | 24 | 21 | 15 | | X ₄ | 17 | 14 | 12 | 11 | 15 | |
| 2 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | 8 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | | |
| | X ₁ | 16 | 12 | 10 | 14 | | X ₁ | 16 | 12 | 10 | 24 | | |
| | X ₂ | 19 | 17 | 9 | 18 | | X ₂ | 19 | 17 | 29 | 18 | | |
| | X ₃ | 13 | 18 | 15 | 9 | | X ₃ | 13 | 28 | 15 | 9 | | |
| | X ₄ | 17 | 14 | 11 | 15 | | X ₄ | 27 | 14 | 11 | 15 | | |
| 3 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | S ₅ | 9 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | |
| | X ₁ | 16 | 22 | 20 | 14 | 20 | | X ₁ | 6 | 12 | 20 | 4 | |
| | X ₂ | 19 | 27 | 29 | 18 | 25 | | X ₂ | 9 | 7 | 9 | 8 | |
| | X ₃ | 13 | 28 | 25 | 19 | 27 | | X ₃ | 23 | 18 | 15 | 9 | |
| | X ₄ | 17 | 24 | 21 | 15 | 22 | | X ₄ | 27 | 24 | 21 | 5 | |
| 4 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | 10 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | S ₅ | |
| | X ₁ | 6 | 2 | 10 | 14 | | X ₁ | 20 | 24 | 23 | 26 | 22 | |
| | X ₂ | 9 | 7 | 9 | 18 | | X ₂ | 19 | 28 | 25 | 29 | 27 | |
| | X ₃ | 13 | 18 | 15 | 9 | | X ₃ | 25 | 19 | 30 | 23 | 28 | |
| | X ₄ | 17 | 14 | 11 | 15 | | X ₄ | 21 | 25 | 19 | 27 | 24 | |
| 5 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | 11 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | | |
| | X ₁ | 26 | 22 | 20 | 24 | | X ₁ | 6 | 2 | 9 | 4 | | |
| | X ₂ | 29 | 27 | 19 | 28 | | X ₂ | 9 | 17 | 9 | 8 | | |
| | X ₃ | 23 | 28 | 25 | 19 | | X ₃ | 3 | 18 | 15 | 9 | | |
| | X ₄ | 27 | 24 | 21 | 25 | | X ₄ | 7 | 4 | 9 | 5 | | |
| 6 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | S ₅ | 12 | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | |
| | X ₁ | 6 | 18 | 12 | 20 | 24 | | X ₁ | 26 | 12 | 20 | 24 | |
| | X ₂ | 9 | 7 | 7 | 9 | 28 | | X ₂ | 9 | 27 | 9 | 28 | |
| | X ₃ | 23 | 13 | 18 | 15 | 19 | | X ₃ | 23 | 18 | 25 | 19 | |
| | X ₄ | 27 | 19 | 24 | 21 | 15 | | X ₄ | 27 | 24 | 21 | 25 | |

5.4 Методические указания по выполнению работы

Каждый студент выполняет свой вариант. По результатам работы формируется отчет, содержащий подробное решение задачи. Работа выполняется на компьютере, с применением программ MS Word и MS Excel. Расчет параметров уравнений осуществляется при помощи команды «Поиск решения». Подробный процесс решения уравнений отображен в приведенном ниже примере.

5.5 Пример выполнения задания

Компания «Турист» намеревается построить частную гостиницу. Возможное количество комнат a_i не определено и может равняться 20, 30, 40 или 50. Среднее число занятых комнат b_j также известно и может равняться 20, 30, 40 или 50. Отклонение от идеальных потребностей влечет дополнительные затраты, обусловленные строительством избыточных площадей и потерей возможной прибыли в случае неудовлетворенного спроса.

В таблице 6 содержится матрица затрат (в млн руб.) для данного примера. Необходимо определить оптимальную стратегию a_i .

Таблица 6 – Матрица затрат

| Затраты Стратегия | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| a ₁ | 5 | 10 | 18 | 25 |
| a ₂ | 8 | 7 | 12 | 23 |
| a ₃ | 21 | 18 | 12 | 21 |
| a ₄ | 30 | 22 | 19 | 15 |

Проанализируем поставленную задачу с точки зрения четырех рассмотренных выше критериев.

Критерий Лапласа

При $j = 1, 2, 3, 4$ вероятности

$$P(s_j) = \frac{1}{4}$$

Тогда ожидаемые значения затрат для различных возможных решений вычисляются следующим образом:

$$M(a_1) = \frac{1}{4}(5 + 10 + 18 + 25) = 14,5;$$

$$M(a_2) = \frac{1}{4}(8 + 7 + 12 + 23) = 12,5; \leftarrow \text{Оптимум}$$

$$M(a_3) = \frac{1}{4}(21 + 18 + 12 + 21) = 18;$$

$$M(a_4) = \frac{1}{4}(30 + 22 + 19 + 15) = 21,5.$$

Минимаксный критерий

В виду того, что анализируется матрица затрат, используется минимаксный критерий (таблица 7).

Таблица 7 – Модифицированная матрица затрат

| Затраты \ Стратегия | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | Максимум строк |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
| a ₁ | 5 | 10 | 18 | 25 | 25 |
| a ₂ | 8 | 7 | 12 | 23 | 23 |
| a ₃ | 21 | 18 | 12 | 21 | 21 (минимакс) |
| a ₄ | 30 | 22 | 19 | 15 | 30 |

Критерий Сэвиджа

Определим матрицу потерь, для чего произведем вычитание чисел 5, 7, 12 и 15 из элементов столбцов от первого до четвертого соответственно (таблица 8).

Таблица 8 – Модифицированная матрица потерь

| Затраты \ Стратегия | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | Максимум строк |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| a ₁ | 0 | 3 | 6 | 10 | 10 |
| a ₂ | 3 | 0 | 0 | 8 | 8 (минимакс) |
| a ₃ | 16 | 11 | 0 | 9 | 9 |
| a ₄ | 25 | 15 | 7 | 0 | 25 |

Критерий Гурвица

Расчет по критерию Гурвица приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Выполнение расчетов по критерию Гурвица

| Стратегия | Минимум строк | Максимум строк | A (минимум строк) + $+(1-\alpha)$ (максимум строк) |
|-----------|---------------|----------------|---|
| a_1 | 5 | 25 | $25-20\alpha$ |
| a_2 | 7 | 23 | $23-16\alpha$ |
| a_3 | 12 | 21 | $21-9\alpha$ |
| a_4 | 15 | 30 | $30-15\alpha$ |

Подставив α , определим оптимальную стратегию. При $\alpha=0,5$ оптимальными являются либо стратегия a_1 , либо a_2 . При $\alpha=0,25$ оптимальным является решение a_3 .

Расположим исходные данные на листе MS Excel, например, как на рисунке 15.

Основой вычислений служит матрица затрат (диапазон B9:E12). Если надо использовать матрицу выигрышей, то все элементы этой матрицы надо умножить на -1.

Кроме матрицы затрат здесь содержится следующие данные:

- 1 значение показателя оптимизма α (ячейка E6);
- 2 формулы, по которым вычисляются значения критериев, представлены в разделе «принятие решений в условиях неопределенности»;
- 3 значения критериев для различных a_i (диапазон B9:E12);
- 4 значения критериев, соответствующие оптимальной стратегии (диапазон H7:K7);
- 5 поясняющие заголовки и надписи.

При исполнении критерия Сэвиджа находим минимальные (максимальные) значения в столбцах начальной матрицы платежей.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | |
|----|----------------------------------|----|----|----|-----|---|-------------------|---|---------|---------|---|--|
| 1 | ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ | | | | | | | | | | | |
| 2 | Критерии принятия решения | | | | | | Результаты | | | | | |
| 3 | Лапласа | | | | | | | Значения критериев, соответствующие оптимальной стратегии | | | | |
| 4 | Минимакса | | | | | | | | | | | |
| 5 | Сэвиджа | | | | | | | | | | | |
| 6 | Гурвица | | x | α= | 0,5 | | | | | | | |
| 7 | Начальная матрица затрат | | | | | | 12,5 | 21 | 8 | 15 | | |
| 8 | | s1 | s2 | s3 | s4 | | Лапласа | Минимакса | Сэвиджа | Гурвица | | |
| 9 | a1 | 5 | 10 | 18 | 25 | | 14,5 | 25 | 10 | 15 | | |
| 10 | a2 | 8 | 7 | 12 | 23 | | 12,5 | 23 | 8 | 15 | | |
| 11 | a3 | 21 | 18 | 12 | 21 | | 18 | 21 | 16 | 16,5 | | |
| 12 | a4 | 30 | 22 | 19 | 15 | | 21,5 | 30 | 25 | 22,5 | | |

Рисунок 15 – Нахождение оптимальной стратегии в MS Excel

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | |
|----|----------------------------------|----|----|----|-----|---|-------------------|---|--------------|--------------|---|--|
| 1 | ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ | | | | | | | | | | | |
| 2 | Критерии принятия решения | | | | | | Результаты | | | | | |
| 3 | Лапласа | | | | | | | Значения критериев, соответствующие оптимальной стратегии | | | | |
| 4 | Минимакса | | | | | | | | | | | |
| 5 | Сэвиджа | | | | | | | | | | | |
| 6 | Гурвица | | x | α= | 0,5 | | | | | | | |
| 7 | Начальная матрица затрат | | | | | | =МИН(H9:H12) | =МИН(I9:I12) | =МИН(J9:J12) | =МИН(K9:K12) | | |
| 8 | | s1 | s2 | s3 | s4 | | Лапласа | Минимакса | Сэвиджа | Гурвица | | |
| 9 | a1 | 5 | 10 | 18 | 25 | | =СУММ(B9:E9)/4 | =МАКС(B9:E9) | 10 | 15 | | |
| 10 | a2 | 8 | 7 | 12 | 23 | | 12,5 | 23 | 8 | 15 | | |
| 11 | a3 | 21 | 18 | 12 | 21 | | 18 | 21 | 16 | 16,5 | | |
| 12 | a4 | 30 | 22 | 19 | 15 | | 21,5 | 30 | 25 | 22,5 | | |

Рисунок 16 – Формулы расчета значений критериев

При использовании критерия Гурвица в ячейках необходимо найти минимальные и максимальные значения в строках начальной матрицы сформированных платежей.

После ввода исходных данных и расчетных формул табличная модель готова к использованию.

5.6 Контрольные вопросы и задания

1 Назвать особенности принятия решений в условиях неопределенности.

2 Назвать возможные варианты задач принятия решений с точки зрения информированности лица, принимающего решение, относительно зависимости исходов операции от условий проведения и принимаемых решений.

3 Дать характеристику критериев принятия решений в условиях неопределенности.

4 Охарактеризовать особенности использования табличного редактора MS Excel для решения задачи принятия решений в условиях неопределенности.

5 Какую роль играет значение показателя b на принятие решения с использованием критерия Гурвица?

6 Лабораторная работа №6. Построение моделей систем методом регрессионного анализа с использованием программного средства Statistica

6.1 Краткие теоретические сведения

Суть регрессионного анализа заключается в построении математической модели и определение ее статистической надежности.

Парная (простая) линейная регрессия представляет собой модель, где среднее значение зависимой (объясняемой) переменной рассматривается как функция одной переменной (объясняющей) переменной.

Уравнение парной (простой) линейной регрессии выглядит следующим образом: $y = b_1x + b_0 + \varepsilon$, где ε – отклонение (ошибка, возмущение) от теоретически предполагаемого значения, b_1 , b_0 – неизвестные параметры (коэффициенты регрессии).

Переменную x называют фактором (входной переменной, независимой переменной, признаком-фактором, экзогенной переменной), переменную y называют откликом (реакцией, зависимой переменной, результативным признаком, эндогенной переменной).

При помощи этого уравнения переменная y выражается через константу b_0 и угол наклона прямой (или угловой коэффициент), b_1 умноженный на значение переменной x .

Система «Statistica», разработанная компанией StatSoft, является одной из наиболее популярных статистических программ для поиска закономерностей, прогнозирования, классификации, визуализации данных. Может применяться в экономике, промышленности, медицине, научных исследованиях и других сферах человеческой деятельности. Клиентами StatSoft являются крупнейшие компании с мировым именем.

В системе существует возможность проводить классические и новейшие методы проведения анализа данных: кластерный, факторный, корреляционный, дисперсионный анализ, линейную и нелинейную регрессии, нейронные сети и др. Визуализация исходных, промежуточных, выходных данных может быть осуществлена выбором из большого числа различных графиков, пиктографиков и диаграмм. Применение программы «Statistica» позволяет эффективно решать сложные проблемы и осуществлять аналитическую поддержку принятия решений.

Система «Statistica» получает наивысшие оценки во всех сравнительных обзорах статистического программного обеспечения.

6.2 Цель лабораторной работы

Цель лабораторной работы состоит в приобретении практических навыков построения моделей систем методом регрессионного анализа с использованием программного средства Statistica.

6.3 Задание на лабораторную работу

Провести регрессионный анализ, исходя из своего варианта.

Вариант 1, 5, 9. По территориям региона приводятся данные за 199X год.

| Номер региона | Среднедушевой прожиточный минимум в день одного трудоспособного, руб. | Среднедневная заработная плата, руб. |
|---------------|---|--------------------------------------|
| 1 | 78 | 133 |
| 2 | 82 | 148 |
| 3 | 87 | 134 |
| 4 | 79 | 154 |
| 5 | 89 | 162 |
| 6 | 106 | 195 |
| 7 | 67 | 139 |
| 8 | 88 | 158 |
| 9 | 73 | 152 |
| 10 | 87 | 162 |
| 11 | 76 | 152 |
| 12 | 115 | 173 |

Вариант 2, 6, 10. По 12 транспортным компаниям исследуется зависимость годового дохода (переменная Y , млн. руб.) от среднегодового количества грузовых автомобилей (переменная X). Имеются данные, для удобства, упорядоченные по фактору X :

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| x | 15 | 18 | 22 | 27 | 31 | 34 | 37 | 40 | 45 | 48 | 48 |
| y | 235 | 247 | 287 | 260 | 262 | 307 | 280 | 357 | 410 | 389 | 311 |

Вариант 3, 7, 11. Исследуется зависимость цены акции предприятия (переменная Y , руб.) от индекса фондового рынка (переменная X , пунктов) по данным за 12 месяцев предыдущего года на первое число. Имеются временные ряды средневзвешенных за месяц значений переменных:

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| x | 244 | 222 | 201 | 186 | 215 | 248 | 256 | 255 | 217 | 224 | 263 | 292 |
| y | 152 | 154 | 149 | 136 | 139 | 148 | 152 | 156 | 152 | 156 | 169 | 176 |

Вариант 4, 8, 12. Исследуется зависимость стоимость квартиры (переменная Y , долл.) от ее жилой площади (переменная X , кв. м.) по данным за 12 месяцев (например, первое значение за 01/01/2012). Имеются временные ряды значений переменных:

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| x | 5000 | 5200 | 5350 | 5880 | 5430 | 5430 | 5430 | 5350 | 5740 | 5570 | 5530 | 6420 |
| y | 30 | 32 | 32 | 37 | 30 | 30 | 30 | 29 | 33 | 31 | 30 | 31 |

6.4 Методические указания по выполнению работы

Каждый студент выполняет свой вариант. По результатам работы формируется отчет, содержащий подробное решение задачи. Работа выполняется на компьютере, с применением программ MS Word и Statistica. Подробный процесс решения уравнений отображен в приведенном ниже примере.

6.5 Пример выполнения задания

По 7 областям региона известны данные о расходах на покупку продовольственных товаров (% от общего объема расходов) – y , среднемесячная заработная плата одного работающего (тыс. руб.) – x .

Таблица 10 – Данные для анализа

| Номер региона | y | x |
|---------------|------|-----|
| 1 | 68,8 | 4,5 |
| 2 | 58,3 | 5,9 |
| 3 | 62,6 | 5,7 |
| 4 | 52,1 | 7,2 |
| 5 | 54,5 | 6,2 |
| 6 | 57,1 | 6,0 |
| 7 | 51,0 | 7,8 |

В программе Statistica, выполнив команду *Анализ* → *Множественная регрессия*, запустим модуль для построения модели парной линейной регрессии (парная регрессия – частный случай множественной). В окне *Множественная регрессия* (рисунок 17), нажав на кнопку *Переменные*, попадем в окно выбора переменных для анализа (рисунок 18).

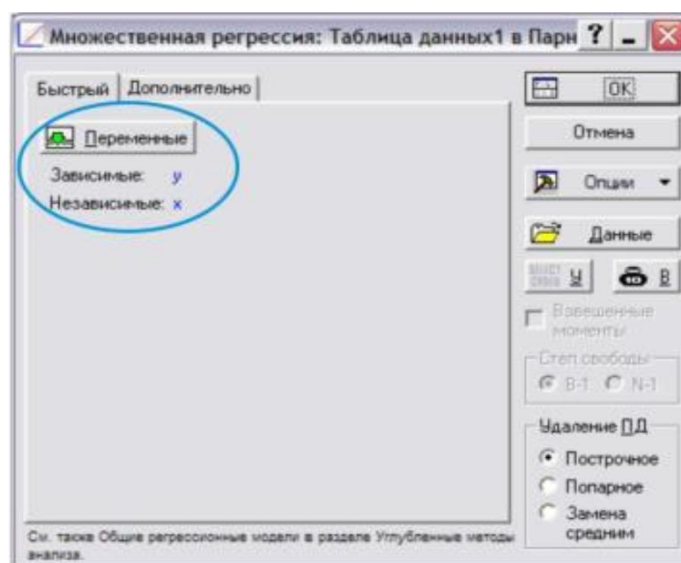


Рисунок 17 – Стартовое окно модуля *Множественная регрессия*

В окне *Списки зависимых и независимых переменных* слева следует указать зависимую переменную, а справа – независимую переменную – фактор x . Далее необходимо подтвердить определения переменных, для чего нужно нажать ОК.

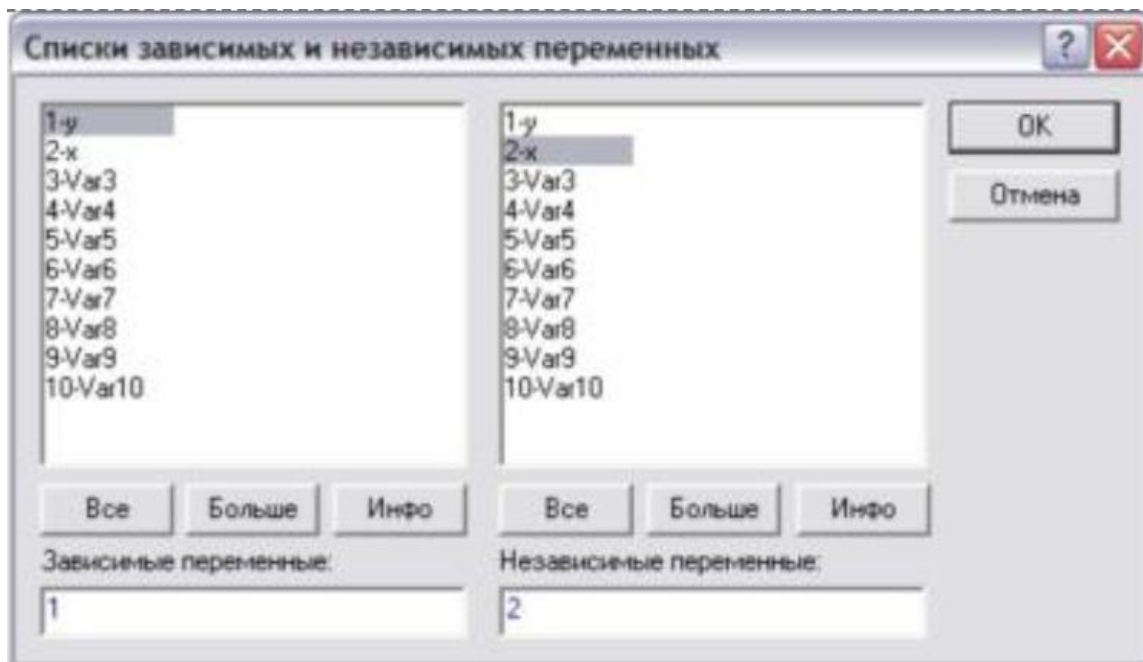


Рисунок 18 – Определение переменных для регрессионного анализа

В стартовом окне *Множественная регрессия* нажать кнопку ОК.

В итоге откроется окно результатов множественной регрессии (рисунок 19).

Окно результатов анализа имеет следующую структуру: верх окна – информационный. В информационном блоке окна содержатся краткие сведения о результатах проведенного регрессионного анализа. Нижняя часть окна представляет набор вкладок с кнопками для всестороннего изучения построенной модели.

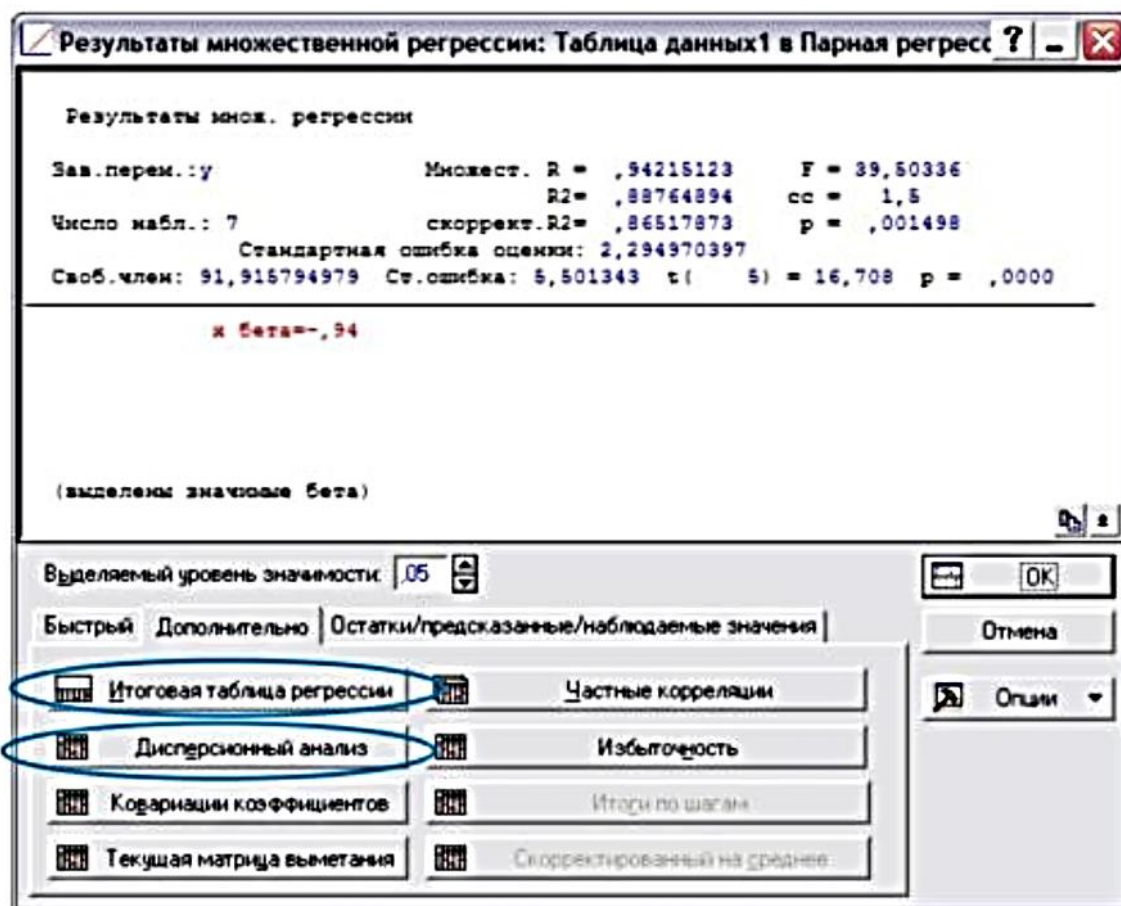


Рисунок 19 – Окно результатов парной линейной регрессии

Информационная часть окна *Результаты множественной регрессии*, расположенного сверху, содержит следующие сведения, необходимые для проведения регрессионного анализа:

- *Зав. перем.* – имя зависимой переменной (y);
- *Число набл.* – число наблюдений, по которым построена регрессия ($n=7$);
- *Множест. R* – коэффициент множественной корреляции (описывает степень линейной зависимости между y и фактором x); в данном случае парной линейной регрессии он равен модулю коэффициента корреляции ($R=0,94216123$);
- R^2 – квадрат коэффициента множественной корреляции -коэффициент детерминации ($R^2=0,88764894$);

– *Скоррект. R^2* – скорректированный коэффициент детерминации ($R^2_{ск} = 0,86517873$);

– *Стандартная ошибка оценки* – среднее квадратическое отклонение ошибок наблюдений. Она является мерой рассеяния фактических значений относительно полученной в результате анализа линии регрессии ($Se = 2,294970397$);

– F – выборочное значение F-статистики ($F_v = 39,50336$).

– CC – число степеней свободы для F-статистики.

В нашем примере ($k_1 = 1, k_2 = 5$). p - вычисленный уровень значимости для F-статистики ($p = 0,001498$).

В последней строке верхней части информационного окна приводятся данные о свободном члене уравнения регрессии:

– *Своб. член* – оценка свободного члена регрессии ($b_0 = 91,916794979$);

Ст. ошибка – стандартная ошибка оценки свободного члена ($Sb_0 = 5,501343$);

– $t(n - k)$ – выборочное значение t-статистики для b_0 ($t(5) = 16,708$);

– p – вычисленный по выборке уровень значимости для коэффициента b_0 ($p = 0,000$).

Во второй (нижней) части информационного окна высвечивается значимый стандартизованный регрессионный коэффициент β .

При нажатии кнопки *Итоговая таблица регрессии* Sttistica выдает две таблицы с результатами анализа:

– *Итоговые статистики* – таблицу, в которой отражены основные показатели из информационного окна;

– *Итоги регрессии* для зависимой переменной: y – значения и характеристики коэффициентов регрессии.

Обе таблицы приведены на рисунке 20.

| Итоговые статистики: ЗПу (Таблица данных) | |
|---|----------|
| Статистика | Значение |
| Множест. R | 0,94215 |
| Множест. R2 | 0,88765 |
| Скорр. R2 | 0,86518 |
| F(1,5) | 39,50336 |
| p | 0,00150 |
| Стд. Ош. Оценки | 2,29497 |

| Итоги регрессии для зависимой переменной: y (Таблица данных 1 R= ,94215123 R2= ,88764894 Скорректир. R2= ,86517873 F(1,5)=39,503 p<,00150 Станд. ошибка оценки: 2,2950 | | | | | | |
|--|-----------|-----------------|----------|--------------|----------|----------|
| N=7 | БЕТА | Стд.Ош. БЕТА | В | Стд.Ош. В | t(5) | p-уров. |
| Св.член | | | 91,91579 | 5,501343 | 16,70788 | 0,000014 |
| x | -0,942151 | 0,149901 | -5,51987 | 0,878238 | -6,28517 | 0,001498 |

Рисунок 20 – Итоги регрессии

В первом столбце указаны переменные, коэффициенты при которых охарактеризованы в таблице: Свободный член – коэффициент b_0 , и коэффициент при переменной x – коэффициент b_1 . Далее в соответствующей строке содержатся характеристики, рассчитанные для каждого из коэффициентов.

Таким образом, уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 91,92 - 5,32x.$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,8876$. Это означает, что почти 89 % вариации результативного признака y объясняется данным уравнением регрессии.

6.6 Контрольные вопросы и задания

- 1 Описать эконометрическую модель, приводящую к парной линейной регрессии.
- 2 Какова эмпирическая основа построения эмпирической парной регрессии?
- 3 Назвать основные причины присутствия в регрессионной модели случайного члена.

4 Привести примеры функциональных зависимостей, используемых в парных регрессиях.

5 В чем состоит отличие теоретического и эмпирического уравнений регрессии?

6 В чем состоит суть МНК?

7 Доказать справедливость формул вычисления МНК оценок параметров парной линейной регрессии.

8 Почему регрессию (в частности парную линейную) называют усредненной эмпирической зависимостью?

9 Как связаны коэффициенты линейной регрессии выборочным коэффициентом корреляции?

10 Как определяются стандартные ошибки регрессии коэффициентов регрессии?

Список использованных источников

- 1 Леоненков, А.В. Решение задач оптимизации в среде MS Excel / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 704 с.
- 2 Андрейчиков, А.В. Стратегический менеджмент в инновационных организациях. Системный анализ и принятие решений / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андречикова. – М.: Вузовский учебник, 2013. – 368 с. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: WWW.URL:<http://znanium.com>.
- 3 Гаибова, Т.В. Особенности формирования учебных заданий при организации освоения проектных компетенций / Т.В. Гаибова, Н.А. Шумилина // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: всероссийская научно-методическая конференция. – [Электронный ресурс]. – Зарег. ФГУП НТЦ «Информрегистр». – Свидетельство №44379. – Оренбург: ОГУ, 2016.
- 4 Гаибова, Т.В. Системный анализ в технике и технологиях: учебное пособие / Т.В. Гаибова; Оренбургский гос. ун.-т. - Оренбург: ОГУ, 2016. – 221 с.
- 5 Гарнаев, А.Ю. Microsoft Office Excel 2010: разработка приложений / А.Ю. Гарнаев, Л.В. Рудикова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 528 с.
- 6 Кини, Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения; пер. с англ. / Р.Л. Кини, Х. Райфа. - Москва: Радио и связь, 1981. – 560 с.
- 7 Коберн, А. Современные методы описания функциональных требований к системам / А. Коберн. – Издательство Лори, 2011. – 288 с
- 8 Боровиков, В.П. Популярное введение в современный анализ данных и машинное обучение на STATISTICA. / В.П. Боровиков. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 354 с.