



TEACHING AND METHODOLOGICAL GUIDE

"SYSTEM ANALYSIS AND THEORY OF ECONOMIC DECISION MAKING"

ISBN:

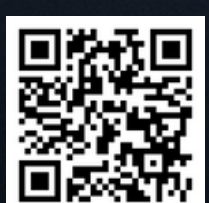
Authored By

NARZULLAEVA D.K.

Published by

Novateur Publication

novateurpublication.com



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.В.
ПЛЕХАНОВА»
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ**

**НАРЗУЛЛАЕВА Д.К.,
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
«СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ПРИНЯТИИ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ»**

Ташкент - 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ТЕМА 1. ПОНЯТИЯ И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ	4
ТЕМА 2. ЭТАПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА.....	14
ТЕМА 3. СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ МАКРОЭКОНОМИКИ.....	25
ТЕМА 4. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	45
ТЕМА 5. МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В РЕШЕНИИ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПРОБЛЕМ.....	65
ТЕМА 6. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	74
ТЕМА 7. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В МИКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	83
ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО УСВОЕНИЯ	107
СОДЕРЖАНИЕ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ.....	109
СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ.....	126
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	146

ВВЕДЕНИЕ

В учебно-методическом пособии изложены методические принципы решения экономических задач с использованием методов системного анализа в сочетании с элементами математического моделирования в процессе принятия решений, предусмотренных программой курса «Системный анализ и теория принятия решений», который в последние годы находит широкую сферу приложения во многих отраслях экономики.

Актуальность данного учебного пособия, заключается в том, что экономисты, получая в высших учебных заведениях достаточно глубокую классическую математическую подготовку, недостаточно владеют прикладным математическим аппаратом системного анализа и поэтому не эффективно его используют. В рамках данного курса основное внимание в пособии уделяется изложению теоретических и прикладных методов системного моделирования при исследовании проблем экономического характера, а также привитию практических навыков по принятию на этой основе управленческих решений в условиях неопределенности и риска.

В данном пособии изложены краткие теоретические сведения по каждой теме, приведены методические рекомендации по решению соответствующих задач, которые максимально приближены к реальным ситуациям в различных областях экономики и адаптированы для решения по программе Microsoft Office Excel.

Системный анализ - научное направление интеграционного типа, которое разрабатывает системную методологию анализа и на данной основе принятия решений, что занимает важное место в структуре современных системных исследований.

Суть содержания курса «Системный анализ и теория принятия решений» вкратце можно охарактеризовать как *применение математических количественных методов для обоснования решений в социально-экономических системах.*

Дисциплина «Системный анализ и теория принятия решений» относится к вариативной части учебного плана и основывается на знании следующих дисциплин: «Теория вероятностей и математическая статистика», «Математический анализ», «Линейная алгебра» и «Информационные технологии»

ТЕМА 1. ПОНЯТИЯ И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

Теоретическая часть

Экономика теснейшим образом связана с совокупностями объектов, которые принято называть сложными системами. Они характеризуются многочисленными и разнообразными по типу связями между отдельно существующими элементами системы и наличием у системы функции назначения, которой нет у составляющих ее частей.

В настоящее время понятие «система» широко используется почти во всех областях науки и техники. Однако, до сих пор оно еще не имеет достаточно четкого определения. Почти каждый, кто пытается уточнить, что же следует понимать под системой, прежде всего, стремится создать некий умозрительный образ. Некоторым удастся дать словесное описание такого образа в виде множества элементов, сложное взаимодействие которых приводит к достижению некой неосознанной цели. В ряде случаев, такие индивидуальные умозрительные образы имеют так много общего, что оказывается возможным полное взаимопонимание, без которого немислимы плодотворные дискуссии, не говоря уже о сотрудничестве.

В силу тех или иных причин, такое взаимопонимание не достигается, несмотря на самое неподдельное стремление к общению. Именно этим обстоятельством объясняется тот факт, что одной из главных проблем, которым посвящено настоящее учебное пособие, является создание основы для обсуждения решения системно-теоретических вопросов. С этой целью на различных примерах системных задач демонстрируется возможность описания и анализа любой из них с помощью довольно ограниченного набора математических абстракций. Естественно, что при этом возникает необходимость в использовании определенного математического аппарата. Это и не удивительно, поскольку уровень знаний в области биологии, социологии, психологии, экономики (не говоря уже о таких науках, как физика или химия) настолько высок, что накопленные сведения невозможно осмыслить, не обращаясь к абстракции.

К счастью, для понимания большинства фундаментальных понятий системного анализа вполне достаточно иметь общее представление об обычном дифференциальном исчислении, геометрии и элементарной алгебре. В тех случаях, когда мы будем вынуждены прибегнуть к более сложному математическому аппарату, формальное математическое изложение будет сопровождаться соответствующими системно-теоретическими рассуждениями и поясняться с помощью примеров. Пояснение основных положений с помощью примеров, а не экзотических теорий поможет студенту понять суть дела, не слишком вдаваясь в подробности.

Главная цель курса системного анализа – раскрытие системности любой целенаправленной деятельности. Для этого необходимо построить

систему моделей, с помощью которых можно обобщать, передавать и совершенствовать опыт такой деятельности.

Основные понятия системного анализа

Системный анализ - наука, занимающаяся проблемой принятия решения в условиях анализа большого количества информации различной природы.

Системный анализ, опираясь на исследование операций, включает:

- постановку задачи для принятия решения;
- описание множества альтернатив;
- исследование многокритериальных задач;
- методы решения задач оптимизации;
- обработку экспертных оценок;
- работу с макромоделями системы.

Из определения следует, что целью применения системного анализа к конкретной проблеме является повышение степени обоснованности принимаемого решения, расширение множества вариантов, среди которых производится выбор, с одновременным указанием способов ранжирования заведомо уступающим другим.

В системном анализе выделяют:

- методологию;
- аппаратную реализацию;
- практические приложения.

Методология включает определения используемых понятий и принципы системного подхода.

Дадим основные определения системного анализа:

Связь - важный для целей рассмотрения обмен между элементами веществом, энергией, информацией.

Элемент - некоторый объект (материальный, энергетический, информационный), который обладает рядом важных для нас свойств, но внутреннее строение (содержание) которого безотносительно к цели рассмотрения.

Система - совокупность элементов, которая обладает следующими признаками:

- связями, которые позволяют посредством переходов по ним от элемента к элементу соединить два любых элемента совокупности;
- свойством, отличным от свойств отдельных элементов совокупности.

Практически любой объект с определенной точки зрения может быть рассмотрен как система. Вопрос состоит в том, насколько целесообразна такая точка зрения.

Сложная система - система, которая состоит из элементов разных типов и обладает разнородными связями между ними.

Автоматизированная система - сложная система с определяющей ролью элементов двух типов:

- в виде технических средств;

- в виде действия человека.

Для сложной системы автоматизированный режим считается более предпочтительным, чем автоматический. Например, посадка самолета выполняется при участии человека, а автопилот или бортовой компьютер используется лишь на относительно простых операциях. Типична также ситуация, когда решение, выработанное техническими средствами, утверждается к исполнению человеком.

Структура системы - разбор системы на группы элементов с указанием связей между ними, неизменное на все время рассмотрения и, дающее представление о системе в целом. Указанное расчленение может иметь материальную, функциональную, алгоритмическую или другую основу. Например, структурная схема сборного моста, которая состоит из отдельных, собираемых на месте секций и процесса их соединения – это материальная структура.

Пример функциональной структуры - деление двигателя внутреннего сгорания на системы питания, смазки, охлаждения, передачи скоростей. Пример алгоритмической структуры - алгоритм программного средства, указывающего на последовательность действий или инструкция, которая определяет действия при отыскании неисправности технического устройства.

Структура системы может быть охарактеризована по имеющимся в ней типам связей. Простейшими из них являются последовательное, параллельное соединение и обратная связь.

Функция системы

Все внешние связи любой системы (подсистемы) подразделяются на входы ($x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m$), которые принято называть внешние связи которые направлены к системе, и регулирующие внешние воздействия на нее, и на выходы ($y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n$) которыми будем называть внешние связи, исходящие от системы и представляющие собой результат ее функционирования, воздействия на другие системы, т.е. на внешнюю среду.

Основная функция системы - преобразование (переработка) входов в выходы. Реализацию такого преобразования именуют процессами основной текущей деятельности системы или процессами ее функционирования в узком смысле этого понятия.

Выражение зависимостей выходов от входов и параметров состояния принято называть описанием системы.

Виды описания систем:

- функциональное: описание внутренних параметров системы в виде математических символов;
- морфологическое: описание не только внутренних параметров системы, но и взаимодействий между ними во всем их многообразии (возможно моделирование основных из них);
- информационное: включает функциональное и морфологическое описание, а также описание внешних информационных потоков и обратных связей.

Описание системы называют моделью системы, которая при определенных условиях, может использоваться в качестве “представителя” системы.

Декомпозиция - деление системы на части, удобное для каких-либо операций с этой системой. Примерами будут:

- разделение объекта на отдельно проектируемые части, зоны обслуживания;
- рассмотрение физического явления или математическое описание отдельно для данной части системы.

Иерархия - структура с наличием подчиненности, т.е. неравноправных связей между элементами, когда воздействие в одном из направлений оказывают гораздо большее влияние на элемент, чем в другом. Виды иерархических структур разнообразны, но часто используемые на практике иерархических структур всего две - древовидная и ромбовидная.

Древовидная структура наиболее проста для анализа и реализации. Кроме того, в ней всегда удобно выделять иерархические уровни - группы элементов, находящиеся на одинаковом удалении от верхнего элемента. Пример древовидной структуры - задача проектирования технического объекта от его основных характеристик (верхний уровень) через проектирование основных частей, функциональных систем, групп агрегатов, механизмов до уровня отдельных деталей.

Принципы системного подхода - это положения общего характера, являющиеся обобщением опыта работы человека со сложными системами. Их часто считают ядром методологии. Известно около двух десятков таких принципов, ряд из которых целесообразно рассмотреть:

- принцип конечной цели: абсолютный приоритет конечной цели;
- принцип единства: совместное рассмотрение системы как целого, и как совокупности элементов;
- принцип связности: рассмотрение любой части совместно с ее связями с окружением;
- принцип модульного построения: полезно выделение модулей в системе и рассмотрение ее как совокупности модулей;
- принцип иерархии: полезно введение иерархии элементов и(или) их ранжирование;
- принцип функциональности: совместное рассмотрение структуры и функции с приоритетом функции над структурой;
- принцип развития: учет изменяемости системы, ее способности к развитию, расширению, замене частей, накоплению информации;
- принцип децентрализации: сочетание в принимаемых решениях и управлении централизации и децентрализации;
- принцип неопределенности: учет неопределенностей и случайностей в системе.

Свойства систем

Иерархичность - всякая система представляет подсистему, зависимую часть более крупной системы. Каждая подсистема может рассматриваться как система совокупности, входящих в нее более простых подсистем.

Процессы их функционирования протекают во времени, то есть эти системы являются динамическими.

Неаддитивность свойств целого означает не только появление новых свойств, но в некоторых случаях к исчезновению отдельных свойств элементов, наблюдающихся до их соединения в систему.

Этот принцип появления у целого свойств, не выводимых из наблюдаемых свойств частей, назван У.Р. Эшби принципом эмерджентности.

Целостные свойства систем, несводимые без остатка к свойствам отдельных элементов, называют эмерджентными свойствами.

Выбор как реализация поставленной цели

Выбор является действием, придающим всей деятельности целенаправленность. Именно выбор реализует подчиненность всей деятельности определенной цели или совокупности целей. Рано или поздно наступает момент, когда дальнейшие действия могут быть различными, приводящие к разным результатам, а реализовать можно только одно действие, причем вернуться к ситуации, имевшей место в этот момент времени уже (как правило) нельзя.

Способность сделать правильный выбор в таких условиях – очень ценное качество, которое присуще людям в разной степени. Великие полководцы, выдающиеся политики, гениальные инженеры и ученые, талантливые администраторы отличались и отличаются от своих коллег или конкурентов, прежде всего, умением принимать лучшие решения, делать лучший выбор.

Естественно, стремление понять, что такое «хороший выбор», как приблизиться к наилучшему решению, возможно ли предложить алгоритм получения такого решения. Работа многих исследователей в этом направлении выявила характерную ситуацию: полная формализация нахождения наилучшего решения возможна, но лишь для хорошо изученных (хорошо структурированных) задач. Для решения слабо структурированных задач полностью формальных алгоритмов не существует.

Современная тенденция практики выбора в естественных ситуациях состоит в сочетании способности человека решать неформализованные задачи с возможностями формальных методов и компьютерного моделирования (например, диалоговые методы поддержки решений, экспертные системы, информационно-поисковые системы, системы управления базами данных, автоматизированные системы управления и т.д.).

Задачи выбора чрезвычайно многообразны, различны и методы их решения. Прежде всего, введем понятия, общие для всех задач выбора.

Будем представлять принятие решения как действие над множеством альтернатив, в результате которого получается подмножество выбранных альтернатив. Сужение множества альтернатив возможно, если имеется

способ сравнения альтернатив и определение наиболее предпочтительных. Каждый такой способ называют «критерием предпочтения». Обратим внимание на то, что при таком описании выбора считают сами собой разумеющимися, уже пройденными, два чрезвычайно важных этапа системного анализа:

- определение множества альтернатив, из которых предстоит осуществить выбор;
- определение целей, ради достижения которых производится выбор.

Будем считать, что исходное множество альтернатив уже задано и преследуемые нами цели определены настолько детально, что уже имеются критерии оценки и сравнения любых альтернатив. При данной ситуации можно использовать метод множественности задач выбора.

Множественность задач выбора

Отметим сразу, что проблема выбора далеко нетривиальна и допускает существенно различающиеся математические постановки задач. Дело в том, что каждый компонент ситуации выбора может реализовываться в качественно различных вариантах. Отметим основные из этих вариантов:

- множество альтернатив могут быть конечным или счетным;
- оценка альтернативы может осуществляться по одному или по нескольким критериям, которые в свою очередь могут иметь как количественный, так и качественный характер;
- режим выбора может быть однократным (разовым) или повторяющимся, допускающим обучение на опыте;
- последствия выбора могут быть точно известны (выбор в условиях определенности), иметь вероятностный характер, когда известны вероятности возможных исходов после сделанного выбора (выбор в условиях риска), или иметь неоднозначный исход, не допускающий введение вероятностей (выбор в условиях неопределенности);
- ответственность за выбор может быть односторонней (индивидуальной) или многосторонней. Собственно различают индивидуальный и групповой выбор;
- степень согласованности целей при многостороннем выборе может варьироваться от полного совпадения интересов сторон (кооперативный выбор) до их противоположности (выбор в конфликтной ситуации).

Возможны также промежуточные случаи, например, компромиссный выбор, коалиционный выбор, выбор в условиях нарастающего конфликта и т.д.

Различные сочетания перечисленных вариантов и приводят к многообразным задачам выбора, которые изучены не в одинаковой степени.

На примере описания выбора видно, как об одном и том же явлении можно говорить на языках различной общности. К настоящему моменту в науке сложились три основных метода описания выбора. Самым простым и наиболее развитым (и, быть может, поэтому чаще употребляемым) является критериальный метод.

Проблема согласования целей

Выбор показателя – критерия эффективности системы, является заключительным этапом формулировки целей и задач системы.

В условиях рыночной экономики наиболее широкое распространение получили критерии типа “производство - стоимость - эффективность”, которые основаны на сравнении стоимостной оценки затрат ресурсов с результатами деятельности системы. И хотя выбор подходящей меры эффективности функционирования (или оценки) системы иногда оказывается весьма трудным, но во многих случаях большая часть задачи оказывается решенной, как только бывает установлен критерий оценки. В решении любой задачи при использовании оценочного критерия присутствует понятие «погрешности»

Проблема оценки связей в системе

В экономических системах можно обнаружить и выделить три типа наполнителей каналов связи системы:

- продукт;
- деньги;
- информация.

Возникает вопрос о том, как же согласовывать эти совершенно несопоставимые по соразмерностям показатели, как привести их к «общему знаменателю»? Ведь без такого согласования невозможно будет установить единый показатель эффективности системы в целом.

Классификация систем.

Классификацией называется распределение некоторой совокупности объектов на классы по наиболее существенным признакам. Признак или их совокупность, по которым объекты объединяются в классы, являются основанием классификации. Класс – это совокупность объектов, обладающих некоторыми признаками общности.

Системы разделяют на классы по различным признакам, и в зависимости от решаемой задачи можно выбирать разные принципы классификации.

Классификации всегда относительны.

Цель любой классификации – ограничить выбор подходов к отображению системы, сопоставить выделенным классам приёмы и методы системного анализа и дать рекомендации по выбору методов для соответствующего класса систем.

При этом система может быть одновременно охарактеризована несколькими признаками, т.е. ей может быть найдено место одновременно в разных классификациях, каждая из которых может оказаться полезной при выборе методов моделирования.

Вопросы для закрепления знаний

1. Перечислите основные понятия системного анализа.
2. В чем специфика системного анализа.
3. Каковы принципы системного анализа.

4. Особенности выбора цели.
5. В чем состоит множественность выбора цели.
6. В чем специфика принципа системности.
7. Как соединить понятия логистического суждения и системного анализа.
8. Каковы основные свойства систем как объекта исследования.

Пример: Классификация систем

Цель работы: научиться осуществлять классификацию систем по различным признакам, понять ее необходимость и предназначение в процессе реализации системного подхода.

Техническая система – легковой автомобиль. Классификация системы по признакам приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Классификация системы по признакам

№пп	Признак классификации	Тип объекта по признаку	Обоснование принадлежности
1	Степень организованности	Хорошо организованная	Определены элементы системы, их взаимосвязи, правила объединения элементов
2	Вид формализованного аппарата представления	Детерминированная	Поведение можно предвидеть
3	По происхождению	Искусственная	Создана человеком
4	По основным элементам	Конкретная	Создана из материальных элементов
5	По взаимодействию со средой	Открытая	Работа определяется и внутренним состоянием и внешними ресурсом (топливо)
6	По степени сложности	Простая	Связи между элементами легко поддаются описанию
7	По естественному разделению	Техническая	Искусственно-созданная человеком
8	По принципу формирования	Несаморазвивающаяся	Развивается за счет внешнего воздействия

Описание системы: автомобиль – это техническая (механическая), целостная система, состоящая из различных подсистем: охлаждения, подачи топлива, скорости передач, мотора, и т.д. Основная цель – передвижение в пространстве. Благодаря связи между элементами, подсистемами и их согласованной работе автомобиль способен двигаться. Обладает свойством

эмерджентности. В случае поломки даже при наличии всех частей не может выполнять основную функцию.

Это система с высокой степенью автоматизации. Связанная с окружающей средой, с нерегулярным поступлением внешних воздействий (топлива, начала/окончания работы, возможности передвижения и т.д.). Обладает многоаспектностью – несет в себе технический аспект, экономический (стоимость), социальный (статус), психологический (преимущества и возможности при обладании машиной). Полезность системы для человека – возможность комфортного, быстрого перемещения для решения собственных задач.

Варианты для самостоятельного решения

1. Провести классификацию систем (одной технической и одной социально-экономической) результат занести в табл. 1.2. Варианты систем взять из табл. 1.3.

Таблица 1.2

Наименование объекта классификации:

№п/п	Признак классификации	Тип объекта по признаку	Обоснование принадлежности
1			
2			

2. Провести описание систем, приводя полные ответы на следующие пункты:

- определение основной цели функционирования системы;
- дать анализ системы по всем основным признакам;
- определить полезность (потребность) системы для общества (человека);

Таблица 1.3

Примеры систем для индивидуального выполнения

Вариант	Техническая система	Социально-экономическая система
1	Вертолет	Бутик
2	Грузовик	Птицеферма
3	Вентилятор	Швейный цех
4	Кондиционер	Гостиница
5	Пианино	Музей

6	Телевизор	Ректорат
7	Телефон	Химчистка
8	Фотоаппарат	Частный предприниматель
9	Трамвай	Кооператив
10	Кофемолка	Суд
11	Микрофон	ВУЗ
12	Осциллограф	Зоопарк
13	Телескоп	Трикотажная фабрика
14	Самолет	Салон красоты
15	Огнетушитель	Милиция

Контрольные вопросы:

1. Что такое системный подход?
2. Для чего необходима классификация систем?
3. По каким признакам осуществляется классификация систем?
4. Какие системы называют замкнутыми?
5. Дайте определение большой системы.
6. Какую систему можно назвать хорошо организованной?
7. Что понимается под подсистемой?
8. Что понимается под целью системы?
9. Что понимается под классификационным признаком системы?
10. Определите дополнительный классификационный признак и типизируйте виды систем по этому признаку.

ТЕМА 2. ЭТАПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Теоретическая часть

Системный анализ – методология исследования трудно наблюдаемых, и трудно понимаемых свойств и отношений в объектах с помощью представления этих объектов в качестве целенаправленных систем и изучения свойств этих систем и взаимоотношений между целями и средствами их реализации.

Системный анализ решает вопросы, как правильно ставить задачи, какие методы исследования использовать.

Главное в системном анализе – как сложное превратить в простое, как не только трудноразрешимую, но и труднопознаваемую проблему превратить в четкую серию задач, имеющих метод решения.

Характеристика экономического и системного анализа приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Характеристика экономического и системного анализа

Факторы	Анализ	
	Экономический	Системный
Методы измерения хозяйственных явлений и процессов	Система показателей хозяйственно-финансовой деятельности	То же, а также вопросы технические, социальные, психологические
Форма выражения показателей	Количественный	То же, но качественный
Масштаб изучения явления или процесса	Односторонний	Всесторонний
Глубина изучения явления	Экономические службы предприятия	Причины, условия, последствия
Субъекты анализа работы	Для оценки деятельности предприятий, подразделений по итогам работы за отчетный период	Комплексные группы, специалисты.
Особенности применения	Для оценки деятельности предприятия по итогам работы за отчетный период	Для решения комплексных крупных проблем для текущей и перспективной деятельности.

Четыре этапа решения любой проблемы:

- понять проблему и правильно ее сформулировать;
- исследовать все, что имеет отношение к решению проблемы, т.е. сформулировать систему в уме;
- сконструировать и создать комплекс методов и средств решения проблемы, т. е. систему;
- организовать правильное использование системы управления ею.

Необходимость использования системного подхода в изучении экономических проблем: необходимо постоянно вести борьбу за долю рынка, предвидеть изменчивость потребностей и требований клиентов,

обеспечивать точные сроки поставок, повышать качество продукции, устанавливать цены с учетом условий конкуренции, заботиться о поддержании репутации предприятия у потребителей, предвидеть возможные технологические прорывы.

Взаимосвязь подсистем, их взаимное влияние, как на собственные свойства, так и на свойства системы в целом, их взаимодействие в процессах целенаправленного функционирования системы, появление качественно новых свойств у системы по отношению к ее составляющим элементам ("эмерджентность").

В большинстве случаев практического применения системного анализа для исследования свойств и последующего оптимального управления системой можно выделить следующие основные этапы:

1. Содержательная постановка задачи.
2. Построение модели изучаемой системы.
3. Отыскание решения задачи с помощью модели.
4. Проверка решения с помощью модели.
5. Подстройка решения под внешние условия.
6. Осуществление решения.

Остановимся вкратце на каждом из этих этапов. Будем выделять наиболее сложные этапы, и пытаться усвоить методы их осуществления на конкретных примерах.

Но уже сейчас необходимо отметить, что в каждом конкретном случае этапы системного анализа занимают различный «удельный вес» в общем объеме работ по временным, затратным и интеллектуальным показателям. Очень часто трудно провести четкие границы – указать, где оканчивается данный этап и начинается очередной.

1. Содержательная постановка задачи

Уже упоминалось, что в постановке задачи системного анализа обязательно участие двух сторон: заказчика (ЛПР) и исполнителя данного системного проекта.

При этом участие заказчика, не ограничивается финансированием работы – от него требуется (для пользы дела) произвести анализ системы, которой он управляет, сформулированы цели и оговорены возможные варианты действий. Конечно же, на этом этапе должны быть установлены и зафиксированы понятия эффективности деятельности системы. При этом в соответствии с принципами системного подхода необходимо учесть максимальное число связей, как между элементами системы, так и по отношению к внешней среде. Ясно, что исполнитель-разработчик не всегда может, да и не должен иметь профессиональные знания именно, тех процессов, которые имеют место в системе или, по крайней мере, являются главными. С другой стороны, совершенно обязательно наличие таких знаний у заказчика-руководителя или администратора системы. Заказчик должен знать, что надо сделать, а исполнитель-специалист в области системного анализа-как это сделать.

Обращаясь к будущей профессии студентов можно понять, что надо научиться и тому и другому. Если студент окажется в роли администратора, то к профессиональным знаниям по учету и аудиту весьма уместно иметь знания в области системного анализа - грамотная постановка задачи, с учетом технологии решения на современном уровне будет гарантией успеха. Если же студент окажется в другой категории - разработчиков, то не обойтись без «технологических» знаний в области учета и аудита. Работа по системному анализу в экономических системах вряд ли окажется эффективной без специальных знаний в области экономики.

2. Построение модели изучаемой системы

Модель изучаемой системы в самом лаконичном виде можно представить в виде зависимости:

$$E = f(X, Y), \quad (2.1)$$

где:

E - некоторый количественный показатель эффективности системы в плане достижения цели ее существования T , будем называть его - критерий эффективности;

X - управляемые переменные системы те, на которые мы можем воздействовать или это управляющие воздействия;

Y - неуправляемые, внешние по отношению к системе воздействия; их иногда называют состояниями природы;

Заметим, прежде всего, что возможны ситуации, в которых нет никакой необходимости учитывать состояния природы. Так, например, решается стандартная задача размещения запасов нескольких видов продукции, и при этом мы можем найти E вполне однозначно, если известны значения X_i и, некоторая информация о свойствах анализируемой системы.

В таком случае, принято говорить о принятии управляющих решений или о стратегии управления в условиях определенности.

Если же с воздействиями окружающей среды, с состояниями природы мы вынуждены считаться, то приходится управлять системой в условиях неопределенности или, еще хуже - при наличии противодействий.

Математическое моделирование

Классическим примером простейшей задачи системного анализа в условиях определенности может служить задача производства и поставок товара. Пусть некоторая фирма должна производить и поставлять продукцию клиентам равномерными партиями в количестве $N = 24000$ единиц в год. Срыв поставок недопустим, так как штраф за это можно считать бесконечно большим.

Запускать в производство приходится сразу всю партию, таковы условия технологии. Стоимость хранения единицы продукции $C_x = 10$ ден.ед. в месяц, а стоимость запуска одной партии в производство (независимо от ее объема) составляет $C_p = 400$ ден. ед.

Таким образом, запускать в год много партий явно невыгодно, но невыгодно и выпустить всего 2 партии в год – слишком велики затраты на

хранение! Требуется определить, сколько партий в год лучше, всего выпускать?

Построение модели такой системы. Обозначим через n размер партии и найдем количество партий за год: $p = N/n = 24000/n$.

Получается, что интервал времени между партиями составляет $t = 12/p$ (месяцев), а средний запас изделий на складе - $n/2$ штук.

Сколько же нам будет стоить выпуск партии в n штук за один раз?

Сосчитать нетрудно $0,1 \cdot 12 \cdot n/2$ ден.ед. на складские расходы в год и $400 \cdot p$ ден.ед. за запуск партий по n штук изделий в каждой.

В общем виде годовые затраты составляют:

$$E = C_x \cdot T \cdot n/2 + C_p \cdot N/n, \quad (2.2)$$

где $T = 12$ - полное время наблюдения в месяцах.

Это типичная вариационная задача: найти такое n_0 , при котором сумма E достигает минимума.

Решение этой задачи найти просто, надо взять производную по n и приравнять эту производную нулю. Это дает:

$$n_0 = \sqrt{(2 \cdot n \cdot C_p / (T \cdot C_x))} \quad (2.3)$$

что для данного примера составляет 4000 единиц в одной партии и соответствует интервалу выпуска партий величиной в 2 месяца.

Затраты при этом минимальны и определяются как

$$E_0 = \sqrt{(2 \cdot n \cdot T \cdot C_x \cdot C_p)} \quad (2.4)$$

что для данного примера составляет 4800 ден.ед. в год.

Если сопоставить эту сумму с затратами при выпуске 2000 изделий в партии или выпуске партии один раз в месяц (в духе недобрых традиций социалистического планового хозяйства), то:

$$E_1 = 0,1 \cdot 12 \cdot 2000/2 + 400 \cdot 24000/2000 = 6000 \text{ ден.ед. в год.}$$

Существует целый класс задач системного анализа и соответствующих им моделей систем, где речь идет о необходимости минимизировать одну функции многих переменных следующего типа:

$$E = a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n \quad (2.5)$$

где X_i - искомые переменные, a_i - соответствующие им коэффициенты или «веса переменных» и при этом имеют место ограничения как на переменные, так и на их веса.

Задачи такого уровня достаточно хорошо исследованы в специальном разделе прикладной математики - линейном программировании. Еще в докомпьютерные времена были разработаны алгоритмы поиска экстремумов таких функций $E = f(a, X)$, которые так и называли - целевыми. Эти алгоритмы или приемы используются в современности и служат основой для разработки прикладных компьютерных программ системного анализа.

Системный подход к решению практических задач управления экономикой, особенно для задач со многими десятками сотен или даже

тысячами переменных привел к появлению специализированных, типовых направлений как в области теории анализа, так и в практике.

Наиболее «старыми» и, следовательно, наиболее обкатанными являются методы решения специфичных задач, которые давно уже можно называть классическими.

Специалистам в области управления, надо знать эти задачи, хотя бы на уровне постановки и, главное, в плане моделирования соответствующих систем.

Методы формализованного представления систем

Формальные методы можно разбить в соответствии с классификацией Ф.Е. Темника на следующие группы методов:

Аналитические методы :методы классической математики, включая интегро-дифференциальное исчисление, методы поиска экстремумов функций, вариационное исчисление и т.п.;методы математического программирования;методы по теории игр и т.п.

Статистические методы: теоретические разделы математики: теорию вероятностей, математическую статистику;направления прикладной математики, использующие стохастические представления: теорию массового обслуживания, методы статистических испытаний (основанные на методе Монте-Карло), методы выдвижения и проверки статистических гипотез А.Вальда и другие методы статистического имитационного моделирования.

Методы дискретной математики: теоретико-множественные, логические, лингвистические, семиотические представления (методы).

Графические методы, включающие теорию графов и разного рода графические представления информации типа диаграмм, гистограмм и других графиков.

К графическим методам можно отнести методы структурного системного анализа и объектного моделирования.

Задачи управления запасами. Первые задачи управления запасами были рассмотрены еще в 1915 году, задолго до появления компьютеров, и до употребления термина «кибернетика». Был обоснован метод решения простейшей задачи – минимизация затрат на заказ и хранение запасов при заданном спросе на данную продукцию и фиксированном уровне цен.

Решение-размер оптимальной партии обеспечивало наименьшие суммарные затраты за заданный период времени.

Несколько позже были построены алгоритмы решения задачи управления запасами, при более сложных условиях, изменении уровня цен (наличие «скидок за качество» и/или «скидок за количество»); необходимости учета линейных ограничений на складские мощности и т. п.

Задачи распределения ресурсов. В этих задачах объектом анализа являются системы, в которых приходится выполнять несколько операций с продукцией (при наличии нескольких способов выполнения этих операций)

и, кроме того, не хватает ресурсов или оборудования для выполнения всех этих операций.

Цель системного анализа - найти способ наиболее эффективного выполнения операций с учетом ограничений на ресурсы.

Объединяет все такие задачи метод их решения - метод математического программирования, в частности - линейного программирования. В самом общем виде задача линейного программирования формулируется так: требуется обеспечить минимум выражения (целевой функции):

$$E(X) = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \quad (2.6)$$

при следующих условиях: все X_i положительны и, кроме того, на все X_i налагаются m ограничений ($m < n$):

[illegible]

Начало теоретического обоснования и разработки практических методов решения задач линейного программирования были положены Д.Данцигом (по другой версии Л.В.Канторовичем).

Серьезные проблемы возникают при построении моделей экономических объектов. Экономические системы слишком сложны, чтобы получить их полные адекватные модели.

И здесь следует согласиться с В.Н. Спицнаделем, что вербальная модель лучше, чем отсутствие модели; она лучше математической модели, которая «насаждает фальсифицированную реальность»; «вероятно лучше иметь сначала какую-то нематематическую модель со всеми ее недостатками, но охватывающую некоторые незамеченные, ранее аспекты исследуемой реальности, чем начинать со скороспелых математических моделей».

Методы, направленные на активизацию использования интуиции и квалификации специалистов

Эти методы определяют и обобщают мнения квалифицированных специалистов - экспертов, которые вырабатывают экспертные оценки.

Эксперт - это квалифицированный специалист в исследуемой области.

Экспертные оценки - это количественные и качественные оценки процессов и явлений, выполняемые экспертами на основе суждений.

В теории систем был период, когда все неформальные методы называли эвристическими, отождествляя этот термин с термином «экспертные методы» в широком смысле.

Эвристика – это: совокупность логических приемов и методических правил теоретического исследования и отыскания истины, выведенных эмпирически, полезность которых обоснована лишь тем, что они во многих (хотя и не во всех) случаях приводят к успеху; эмпирическое правило, упрощающее или ограничивающее поиск решений в сложной предметной области.

Эвристические методы - это методы решения задач, основанные на эвристическом рассуждении, т.е. на использовании правил и приемов, обобщающих, прошлый опыт, и интуиции принимающего решение.

Однако впоследствии методы, которые используются, как средства работы с экспертами, в качестве обобщающего названия был предложен термин «методы, направленные на активизацию интуиции и опыта специалистов». В последующие годы разработано довольно много, таких методов, часть из них является расширением или дополнением некоторых «базовых» методов экспертных оценок.

Как вариант классификации методов, направленных на активизацию интуиции и опыта специалистов, их можно сгруппировать таким образом:

- методы индивидуальной экспертизы;
- методы групповой экспертизы (метод номинальных групп, методы типа «мозговой атаки» или коллективной генерации идей, метод «635», метод критической атаки или «разносная» атака);
- методы выработки коллективных решений (экспертное фокусирование, метод комиссий, метод интеграции решений, «Консилиум», метод SWOT-анализа, метод анализа конкретных ситуаций, Балинтова сессия, метод «метаплан», метод «за - против», метод Дельбека, метод ролей, блочные методы, дискуссия с разделением интеллектуальных функций, методы типа «сценариев», методы типа «Дельфи» и др.);
- методы структуризации;
- морфологические методы (метод отрицания и конструирования, метод систематического покрытия поля, метод морфологического ящика и др.);
- методы организации сложных экспертиз (методика Паттерн, метод решающих матриц).

3.Определения проблемы построения модели

В задаче построения математической модели возникает ряд проблем, среди которых можно выделить следующие:

- выбор структуры модели (функции $F(X, A)$);
- оценивание вектора коэффициентов модели A ;
- выбор критерия оценки качества модели D .

Все эти задачи тесно связаны между собой: выбирая структуру модели, надо оценивать ее качество, а чтобы оценить качество модели, необходимо предварительно найти ее коэффициенты.

Выделяют следующие методы построения математических моделей:

- аналитический;
- статистический (экспериментальный);
- экспериментально-аналитический.

Аналитические модели (их иногда называют «физическими») строятся исходя из анализа объекта и известных законов (физики, химии, экономики и

т.п.). Очень часто такие модели строят «за столом», т.е. даже, не видя объекта исследования.

Экспериментальные модели строятся на основе экспериментальных данных, полученных с объекта исследования. Фактически используется метод «черного ящика», при котором математические модели строятся на основании наблюдений за входными и выходными переменными.

Построение математических моделей по результатам наблюдения входных и выходных переменных объекта получило название "идентификация".

Первоначально термин «идентификация» использовался для задачи оценивания динамических характеристик по экспериментальным данным. Затем понятие идентификации было расширено и на определение статических характеристик. При этом определяются не только коэффициенты модели (идентификация в узком смысле), но и ее структура (структурная идентификация).

Однако, как показывает практика, ни тот, ни другой подход не используется в чистом виде: при построении аналитических моделей приходится их подстраивать под данные эксперимента, а в экспериментальных моделях закладываются некоторые априорные сведения об объекте (применяется так называемый метод «серого ящика»). Поэтому наиболее распространен экспериментально-аналитический подход, когда исходная структура модели строится на основании анализа процессов в системе, а коэффициенты определяются по экспериментальным данным.

Выбор структуры модели

Постановка задачи структурной идентификации. Предполагается, что ничего не известно о структуре истинной зависимости F . Тогда при m входных переменных теоретически может существовать бесконечное количество структур $F(X, A) \subset f$. Поскольку не известна структура F^0 , то, если даже найтитакую F , которая равна F^0 , то это ничего не даст. Таким образом, задача напоминает поиск иголки в стоге сена, только данный «стог сена» бесконечен по размерам и неизвестно лицо «иголки».

Решение любой задачи выбора состоит из двух подзадач: «генерация» альтернатив и формирование критерия выбора наилучшей из них. В отношении структуры модели эти подзадачи можно сформулировать как необходимость:

- разработать алгоритм «генерации» (перебора) структур;
- сформировать критерий оценки качества структуры (качества модели).

Вопросы для закрепления знаний

1. Каковы основные этапы проведения системного анализа?
2. Как строиться модель изучаемой системы при системном анализе?
3. Перечислите методы формализованного представления систем.

4. Дайте определение каждому виду метода формализованного представления систем.

5. Какими методами проводят постановку задачи и алгоритмы решения задач построения математических моделей?

6. Что значит выбор структуры модели?

7. Как проводится выбор критерия оценки качества модели?

8. Как проводится оценивание параметров модели?

Варианты для самостоятельного решения

Кейс 1: «Разбор примеров социальных систем с точки зрения системного анализа»

Условия выполнения работы: совместная работа группы студентов сформированных преподавателем. На работу в группах отводится 5-10 минут, после чего проводится совместное обсуждение результатов работы и подведение итогов.

Задания:

1. Совместно с др. членами рабочей группы, выберите один из вариантов-примеров социальной системы.
2. Докажите что пример является системой.
3. Покажите, какие внутренние и внешние связи данная система имеет. Для этого можно сделать схему или таблицу.
4. Покажите, какие системы являются составляющими данного примера (нисходящий вектор – какие элементы данного примера представляют собой самостоятельные более мелкие системы) и каким более крупным системам принадлежит сам пример как элемент (восходящий вектор).

Варианты-примеры:

1. учебная группа студентов,
2. коллектив отдела продаж ООО «Ромашка»,
3. семья из трех человек.

Теоретический материал:

Основные элементы организаций - люди, персонал как в единственном числе (директор, заместители), так и их группы - отделы (службы) аппарата управления и подразделения производства.

Взаимосвязь между элементами выражается через структуру организации. Структура организации – это основная ее характеристика. Структура организации может быть следующей:

- организационная структура – это основа организации управления;
- профессиональная,
- половозрастная,
- социальная
- прочие структуры, которые традиционно рассматриваются в разделах управления персоналом.

Внешняя среда организации - это политика, технология, общество, нормы общественной жизни, рынок рабочей силы, конъюнктура,

поставщики, банки, профсоюзы, клиенты, рабочие, конкуренты, владельцы, жители района, профессиональные группы, органы власти. Воздействие этих факторов неодинаково. Важен учет влияния каждого из этих факторов и эффективность воздействия на них.

Внутренняя среда организации. Под внутренней средой организации понимают ситуационные факторы внутри организации, которые являются результатом управленческих решений. Это хозяйственный механизм организации, ее структура. К ним относятся:

- цели организации;
- организационная структура, подразделения;
- задачи;
- технологии;
- люди (трудовые ресурсы);
- процесс управления.

Кейс 2: Элементы системного анализа.

Условия выполнения работы: парная работа студентов по вариантам на рабочих листах. На работу дается 5-10 минут, после чего проводится совместное обсуждение результатов работы и подведение итогов.

Задания:

1. Рассмотрите вариант достижения цели через призму элементов системного анализа.
2. Заполните таблицу «Элементы системного анализа»

Таблица 2.2

«Элементы системного анализа»

№ п/п	Элементы	Характеристики элементов
1	Цель:	
2	Ресурсы:	
3	Альтернативы:	
4	Модели:	
5	Критерии выбора:	

Варианты:

1. Сдать экзамен по курсу «Системный анализ и теория принятия решений» на отлично;
2. Открыть в здании университета пункта печати с флеш-носителей информации;
3. Организовать недельную туристическую поездку с друзьями на летних каникулах.

ТЕМА 3. СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ МАКРОЭКОНОМИКИ

Теоретическая часть

Моделирование, конечной факторной системы для анализируемого макропроцесса можно осуществить как формальным, так и эвристическим путем на основе качественного анализа сущности экономического явления, отражаемого через данный результативный показатель.

Моделирование факторной макросистемы основывается на следующих экономических критериях выделения факторов как элементов факторной системы: причинности, достаточной специфичности, самостоятельности существования, учетной возможности. С формальной точки зрения, факторы, включаемые в факторную систему, должны быть количественно измеримыми.

При этом неоднократно подчеркивается, что не существует единственной модели этой системы: существует множество моделей, каждая из которых пригодна для изучения определенного класса вопросов, связанных со структурой и функционированием системы. Поэтому важно, чтобы исследователь имел в своем распоряжении как можно больше математических методов для анализа принципов построения и работы созданной им модели.

Моделирование как метод системного анализа

Одной из проблем, скоторой мы сталкиваемся почти всегда, при проведении системного анализа, является проблема эксперимента в системе или над системой.

В таких ситуациях надо экспериментировать не над объектом, интересующим нас предметом или системой, а над их моделями.

Логически осмыслить взаимодействие десятков, сотен элементов человек уже не в состоянии. И именно здесь может «сработать» известное в математике следствие из знаменитой теоремы Гёделя – в сложной системе, полностью изолированной от внешнего мира, могут существовать истины, положения, выводы вполне «допустимые» с позиций самой системы, но не имеющие никакого смысла вне этой системы.

Модель представляет собой некоторую систему, созданную с целью представления в упрощенной и понятной форме сложной реальности, другими словами - модель представляет собой имитацию этой реальности.

Проблемы, решаемые при помощи моделей:

- исследователи пытаются лучше понять протекание сложного процесса;
- осуществляют экспериментирование в том случае, когда это невозможно на реальном объекте;
- оценивают возможность осуществления различных альтернативных решений.

Модели обладают такими ценными свойствами как:

- воспроизводимостью независимыми экспериментаторами;

- изменчивостью и возможностью совершенствования путем введения в модель новых данных или модификаций связей внутри модели.

Модель - это инструмент анализа системы. Кроме этого, модель позволяет на основе изменения характеристик параметров внутреннего состояния системы, прогнозировать ее поведение.

В моделях в определенной форме выражается соотношение между различными экономическими переменными экономико-математическое моделирования, как средства перевода экономических проблем на язык математики.

Экономико-математические модели выражает существенные свойства и различные отношения изучаемого объекта, позволяют раскрыть реальные количественные отношения, дают информацию, обладающую точностью, ясностью и надежностью.

Моделирование - это воспроизведение протекающих в системе процессов.

Методы и алгоритмы выбора структур моделей

Методы шаговой регрессии. Основная идея шаговой (иногда говорят пошаговой) регрессии заключается в гипотезе о том, что искомую структуру можно найти, трансформируя модель путем следующих последовательных действий:

- 1) добавления к модели наиболее значимых по некоторому критерию переменных (метод включения, или «присоединения»);
- 2) исключения незначимых по некоторому критерию переменных (метод исключения, или «удаления»);
- 3) добавления наиболее значимых переменных при одновременном исключении незначимых (метод добавления-исключения, или «присоединения-удаления»).

В качестве добавляемых (удаляемых) переменных могут выступать не только сами исходные переменные $x_1, x_2, \dots, x_m$, но и функции от них $f_l(x_1, x_2, \dots, x_m)$, $l = 1, 2, \dots$, например: $x^2, \ln(x), x_i x_j$.

Частным случаем функций можно считать и функции вида: $f_l(x_1, x_2, \dots, x_m) = x_i$, $i = 1, 2, \dots, m$. Таким образом, с помощью шаговой регрессии можно строить нелинейные (нелинейные по переменным, но линейные по параметрам) математические модели вида $y = a_0 + \sum_i a_i f_i(x_1, x_2, \dots, x_m)$.

1. Метод определения, начинается с выбора наиболее значимой (по некоторому критерию) переменной (функции), из предложенных $f_l(\bullet)$, $l = 1, \dots, L$. Затем, из оставшихся переменных, выбирается наиболее значимая и включается в модель.

И так до тех пор, пока не улучшится качество модели. Качество модели, во многом зависит от порядка вхождения переменных в модель, которые, в свою очередь, определяются используемым критерием включения. Поскольку между переменными практически всегда имеется

ненулевая корреляционная зависимость, то не выполняется правило аддитивности.

В результате переменная, значимая на предыдущих шагах, может стать незначимой в последующих, и ее присутствие может препятствовать включению в модель другой, более значимой переменной. Эта особенность ограничивает возможность метода включения.

2. Метод исключения первоначально рассматривает модель, в которую включены все имеющиеся L входных переменных. Затем из них последовательно исключаются незначимые (по некоторому критерию) переменные до тех пор, пока не улучшится качество модели. Структура конечной модели может совпадать со структурой, полученной по методу включения, но для сложных моделей, это скорее исключение, чем правило. Данному методу присущ недостаток метода включения: исключенные на предыдущих шагах переменные могут оказаться значимыми после исключения других переменных.

Кроме того, к недостаткам можно отнести и повышенные требования к вычислительным ресурсам при работе с массивами большого размера на первых шагах алгоритма, а при небольших выборках экспериментальных данных - алгоритм может вообще не работать (например, если $k < L$).

3. Объединение вышеназванных методов дает метод «включения-исключения», в основе которого лежит метод включения, но дополнительно на каждом шаге алгоритма происходит проверка переменных на значимость: незначимые переменные исключаются из модели. При кажущейся эффективности такого подхода метод, не дает уверенности в оптимальности найденной структуры.

4. Метод эволюционной идентификации. Стохастической разновидностью шаговой регрессии является метод эволюционной идентификации, в котором переменные для включения в модель выбираются с помощью генератора случайных чисел с заданным законом распределения.

Рассмотрим работу метода на примере следующего алгоритма. С помощью генератора случайных чисел из множества исходных входных переменных x выбирается переменная x_j (с вероятностью, равной $w_j^x / \sum_{j=1}^m w_j^x$, где w_j^x - вес q -й переменной). Веса w_j^x и w_q^p задаются в начале счета, и в дальнейшем могут изменяться (адаптироваться) в зависимости от его промежуточных результатов. В частности, при исключении функции $f_q(x_j)$ из модели происходит корректировка весов в сторону их уменьшения:

$$w_j^x = w_j^x - \Delta w^x; (3.1)$$

$$w_q^p = w_q^p - \Delta w^p, (3.2)$$

где Δw^x и Δw^p - заданные уровни «наказания».

Таким образом, происходит адаптация весов к конкретным данным. В результате переменные и функциональные преобразования, имеющие большой вес, будут чаще участвовать в синтезе структуры модели.

Если образовавшаяся функция $f_q(x_j)$ отсутствует в модели и ее включение улучшает критерий качества D , то она остается в модели. После этого производится поочередное исключение переменных из нее. В результате исключаются все переменные, отсутствие которых приводит к улучшению D .

Метод группового учета аргументов (МГУА). Сложно говорить о МГУА, как о конкретном методе, поскольку, начиная с 1968 г. разработаны десятки его разновидностей. В МГУА можно выделить два направления: комбинаторные и селективные (еще их называют многорядными) алгоритмы.

В комбинаторном алгоритме сначала рассматривается множество моделей от одной переменной:

$$y_r = a_0 + a_1 z_r, \text{ где } z_r \in (\{x_i, x_j : i, j = 1, 2, \dots, m\}) \quad (3.3)$$

Затем рассматривается множество всех возможных моделей от двух переменных:

$$y_{rv} = a_0 + a_1 z_r + a_2 z_v. \quad (3.4)$$

Далее от трех и так до тех пор, пока улучшается критерий D . Возможности комбинаторного алгоритма ограничены возможностями вычислительной техники, поскольку ввод одной дополнительной входной переменной увеличивает время счета примерно вдвое.

В селективном алгоритме на первом шаге (ряду алгоритма) рассматриваются все возможные модели (так называемые частные описания) вида:

$$y^1 = \Phi(z_1, \dots, z_l) a_0 + a_1 z_1 + a_2 z_2 \text{ или } y_r^1 = a_0 + a_1 z_j + a_2 z_j + a_3 z_j + a_4 z_j^2 + a_5 z_j^2. \quad (3.5)$$

Затем по некоторому критерию из них отбирается подмножество из v наиболее значимых частных описаний, которые в следующем ряду алгоритма играют роль входных переменных: $x^i \in X$, $i = 1, \dots, k$ и так до тех пор, пока не улучшится качество модели.

Выбор критерия оценки качества модели

Различные алгоритмы порождают необходимость определиться с множеством различных критериев. В частности, необходимо выбрать критерий включения переменных в модель и их исключения, критерий останова алгоритма и критерий оценки окончательной модели.

Не вдаваясь в проблемы отдельных алгоритмов, рассмотрим вопрос использования шаговых процедур (все описанные выше методы имеют шаговую технологию). Общий принцип шаговых алгоритмов структурной идентификации следующий: расчеты надо прекращать, когда дальнейшая работа алгоритма не приводит к улучшению качества модели. Отсюда следует общность критериев и качества модели.

Что такое «хорошая модель»? В идеале, следовало бы стремиться к близости операторов F и F^0 , однако истинная функция объекта F^0 еще, как правило, неизвестна.

Критерий оценки качества модели зависит от ее назначения. Например, если предполагается использовать модель для управления или

прогнозирования, то необходима высокая прогностическая способность модели - на одни и те же входные воздействия, модель и объект должны давать близкие результаты на выходе.

Если модель используется в системе измерений, то целью является минимум максимального отклонения значений модели и объекта. Если необходимо построить распознающую систему, то в качестве критерия берут ошибку распознавания - отношение правильных ответов к общему их числу.

Если ограничиться задачей управления, то в основу искомого критерия можно заложить требование близости значений выхода модели y^m и объекта y при одинаковых значениях входных переменных $X^i \in X, i=1,...,k$, где X – рабочая область изменения входных переменных:

$$D(y, y^i) \rightarrow \min_{F \in f}. (3.6)$$

Наиболее распространен следующий критерий оценки качества модели:

$$D(y, y^i) = \sum_{i=1}^k (y_i - y_i^i)^2. (3.7)$$

В приведенном виде среднеквадратичная ошибка отклонения рассчитывается в процентах от среднего значения

$$D = \frac{1}{y} \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (y_i - y_i^i)^2} \cdot 100\%. (3.8)$$

Все критерии алгоритмов структурной идентификации (они же критерии качества модели), за исключением критерия достижения заданного числа входных переменных в модели и ему подобных, можно разбить на две группы: внутренние и внешние. Внутренние критерии вычисляются на основании данных, участвующих в построении модели, а внешние - на основании дополнительных данных.

К внутренним критериям, в первую очередь, следует отнести остаточную ошибку модели - сумму отклонений (абсолютных или квадратов разностей) значений выходных переменных объекта и модели.

Далее следует назвать коэффициент детерминации (квадрат множественного коэффициента корреляции R^2), приведенную остаточную ошибку, приведенный R^2 и критерий Марллоуса C_p , а также другие критерии.

Более надежным представляется использование нескольких выборок данных: по одним выборкам строится модель, а по другим - оценивается ее качество. Идея использования дополнительных данных для оценки качества моделей высказывается давно и кажется даже очевидной.

По этому поводу ученый Р.Д. Сни (R.D. Snee) считает, что, «хотя эти идеи не являются новыми, им не уделено соответствующего внимания в статистической литературе». В ряде научных работ используются дополнительные экспериментальные данные (экзамнационные точки), которые предлагается применять для оценки качества готовых моделей.

Однако, необходимость в дополнительной выборке данных возникает еще в процессе построения модели. Одним из первых применений

дополнительной выборки в алгоритмах идентификации было введение, так называемых проверочных точек в МГУА, которые использовались при выборе промежуточных частных моделей. Исследования МГУА и шаговой регрессии показали необходимость дополнительной независимой выборки данных.

Такая выборка была названа контрольными точками и предназначалась для контроля над процессом построения модели. Необходимость контрольных точек, в частности, подтверждается опасностью неустойчивости процесса структурной идентификации.

Таким образом, предлагается из множества экспериментальных данных выделять часть точек в качестве контрольных. Среднеквадратичная ошибка на этих точках может служить в качестве критерия останова алгоритмов структурной идентификации. Дело в том, что в шаговых алгоритмах по мере усложнения структуры модели она монотонно приближается к экспериментальным (обучающим) точкам (k_{ia}), по которым оцениваются ее коэффициенты: $y_t^i \rightarrow y^i, i=1, \dots, k_{ia}$

Если наблюдать поведение модели на дополнительных экспериментальных точках, то можно заметить, что, начиная с некоторого шага, модель начинает удаляться от этих точек (в случае неустойчивости это удаление начинается с первого же шага). Исходя из этого, предлагается определять момент останова алгоритма по ошибке на контрольных точках - расчеты прекращаются в момент достижения первого минимума ошибки по шагам алгоритма.

В силу независимости конкретного алгоритма, в качестве критерия качества готовых моделей или для сравнения моделей, построенных с помощью различных алгоритмов, предлагается также использовать среднеквадратичную ошибку на контрольных точках.

Оценивание параметров модели

Предполагается, что известна структура модели (F), но не известны коэффициенты (параметры) этой модели. Какой бы точной ни была структура модели, практически всегда имеются параметры, которые необходимо найти или уточнить. Задача оценивания параметров модели ставится, как задача оптимизации: необходимо найти такой вектор параметров A из области допустимых значений Ω , чтобы минимизировать некоторую функцию отклонения значений выхода модели (y^m) от выхода объекта (y) при одних и тех же значениях входных переменных:

$$D(y - y^i) \rightarrow \min_{A \in \Omega}.$$

Пример. Пусть известна структура модели: $y^m = a_0 + a_1 x$.

Необходимо по k измерениям y и x найти параметры модели a_0 и a_1 .

Запишем критерий МНК:

$$D = \sum_{i=1}^k (y_i - y_i^i)^2 = \sum_{i=1}^k |y_i - (a_0 + a_1 x_i)|^2 \rightarrow \min_{a_0, a_1}. \quad (3.9)$$

Для нахождения a_0 и a_1 , приводящих к минимизации заданный критерий D , возьмем частные производные от D по a_0 и a_1 и приравняем их нулю (из математики известно, что в точках экстремума функции ее производная равна нулю):

$$\begin{cases} \frac{\partial D}{\partial a_0} = 0; \\ \frac{\partial D}{\partial a_1} = 0. \end{cases} \quad (3.10)$$

В результате получается система двух линейных уравнений с двумя неизвестными, решение которой и дает искомые значения параметров a_0 и a_1 :

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^k (y_i x_i) - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i \sum_{i=1}^k x_i}{\sum_{i=1}^k x_i^2 - \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k x_i \right)^2}; \quad a_0 = \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k y_i \right) - a_1 \sum_{i=1}^k x_i \quad (3.11)$$

Однако, для применения МНК предъявляются определенные требования к данным:

- а) входные переменные модели должны быть линейно независимые;
- б) помехи, действующие на систему, должны иметь нормальное распределение.

Эти требования, к сожалению, выполняются далеко не всегда, что может привести к ненадежным оценкам параметров модели. Для решения этой проблемы применяют так называемые устойчивые (робастные, гребневые или ридж) оценки параметров.

Модель Кобба-Дугласа

Производственная функция – экономико-математическое выражение зависимости результатов производственной деятельности от обусловивших эти результаты показателей (факторов). Производственные функции, в которых устанавливается зависимость объема производства продукции от наличия ресурсов, называют также функциями выпуска, а функции, в которых рассматривается зависимость затрат на производство от выпуска продукции – функциями производственных затрат. В общей форме производственная функция имеет вид:

$$y = a \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_n^{a_n}, \quad (3.12)$$

где y обозначает величину общественного продукта; $x_1, x_2, \dots, x_n$ – затраты ресурсов; a – коэффициент, зависящий от размерности единиц измерения затрат и выпуска; $a_1, a_2, \dots, a_n$ – параметры, численно равные коэффициентам эластичности выпуска относительно затрат соответствующего ресурса.

Производственная функция Кобба-Дугласа имеет вид:

$$y = a \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot x_3^{a_3}, \quad (3.13)$$

где y – национальный доход; x_1, x_2, x_3 – объемы соответственно трудовых ресурсов, производственных фондов, природных ресурсов.

Для производственной функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ отношение y/x_i выражает среднюю производительность (отдачу, эффективность) i -го ресурса, т.е. величину общественного продукта на единицу i -го ресурса. Частная производная

$$y'_{x_i} = \lim_{\Delta x_i \rightarrow 0} \frac{\Delta y_{x_i}}{\Delta x_i}, \quad (3.14)$$

характеризует предельную производительность (отдачу, эффективность) i -го ресурса и показывает приближенно изменение величины общественного продукта при изменении i -го ресурса на 1 ед. (при постоянстве других ресурсов).

Относительная скорость изменения (темп) функции $y = f(x)$ определяется ее логарифмической производной:

$$T_y = \ln(y)' = \frac{y'_x}{y}. \quad (3.15)$$

Эластичность функции $y = f(x)$ – предел отношения относительного приращения функции к относительному приращению независимой переменной x при $\Delta x \rightarrow 0$:

$$E_x(y) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta y}{y} : \frac{\Delta x}{x} \right) = \frac{x}{y} \cdot y'_x. \quad (3.16)$$

Эластичность функции равна произведению независимой переменной на темп функции:

$$E_x(y) = x \cdot T_y. \quad (3.17)$$

Лучше всего начать изложение материала с рассмотрения некоторых модельных ситуаций, или так называемых «типичных системных задач». Анализ этих задач позволяет выявить некоторые общие системные проблемы, для изучения которых, как будет показано, может быть использовано несколько математических конструкций.

Макромоделирование системы «затраты-выпуск» Модель Леонтьева. Модель межотраслевого баланса

Цель балансового анализа – ответить на вопрос, возникающий в экономике, связанный с эффективностью ведения многоотраслевой экономики: каким должен быть объем каждой из n отраслей, чтобы удовлетворить все потребности в этой продукции?

При этом каждая отрасль выступает, с одной стороны как производитель продукции, а с другой – как потребитель и своей и произведенной продукции.

Связь между отраслями, как правило, отражается в таблицах межотраслевого баланса, на основе этой информации можно построить математическую модель, разработанную американским экономистом В. Леонтьевым. Рассмотрим экономический комплекс, состоящий из n секторов, выпускающих продукцию $x_1, x_2, \dots, x_n$ соответственно. Предположим для определенности, что выпуск продукции измеряется в долларах в год. Причем

продукция, выпускаемая каждым сектором, используется, как самим сектором, так и другими секторами комплекса, и внешними потребителями.

Пусть a_{ij} представляет собой часть продукции, выпускаемой i -м сектором, которая необходима для производства единицы продукции j -го сектора ($i, j = 1, 2, \dots, n$). Внешнее потребление продукции, выпускаемой i -м сектором, обозначим через y_i . Тогда можно записать следующее уравнение материального баланса:

$$X_i = \sum a_{ij}x_j + y_i. (3.18)$$

Данная элементарная модель может быть использована для определения объема продукции, необходимой для удовлетворения заданного спроса при существующей технологии, которая описывается с помощью коэффициентов a_{ij} . Возможные обобщения и детализация этой модели образуют основу для так называемой модели «затраты-выпуск».

Предположим, что рассматривается n отраслей, каждая из которых производит свою продукцию. Часть продукции идет на внутрипроизводственное потребление данной отрасли и другими отраслями, а другая часть предназначена для целей конечного (вне сферы материального производства) личного и общественного потребления.

Рассмотрим процесс производства за некоторый период (напр., за год). Введем следующие обозначения:

x_i – объем валовой продукции i отрасли ($i = 1, 2, \dots, n$)

x_{ij} – объем продукции i отрасли, потребляемой j отраслью в процессе производства ($i, j = 1, 2, \dots, n$)

y_i – объем конечного продукта i отрасли для непроизводственного потребления.

Так как валовой объем продукции любой i -ой отрасли равен суммарному объему продукции, потребляемой n отраслями и конечного продукта, то

$$X_i = (X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in}) + Y_i (3.19)$$

Эти уравнения (их n штук) называются соотношениями баланса. Будем рассматривать стоимостной межотраслевой баланс, когда все величины, входящие в эти уравнения имеют стоимостное выражение.

Введем коэффициенты прямых затрат: $a_{ij} = X_{ij} / X_j$ показывающие затраты продукции i -ой отрасли на производство единицы стоимости j -ой отрасли.

Можно полагать, что в некотором промежутке времени коэффициенты a_{ij} будут постоянными и зависящими от сложившейся технологии производства. Это означает линейную зависимость материальных затрат от валового выпуска, т.е. $X_{ij} = a_{ij} * X_j$, вследствие чего построенная на этом основании модель межотраслевого баланса получила название линейной.

Теперь соотношения баланса примут вид:

$$X_i = (a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{in}X_n) + Y_i \quad (3.20)$$

Тогда соотношения баланса в матричном виде можно записать как:

$$X = AX + Y \quad (3.21)$$

где - X - вектор валового выпуска;

A - матрица прямых затрат;

Y - вектор конечного продукта

Основная задача межотраслевого баланса состоит в отыскании такого вектора валового выпуска X , который при известной матрице прямых затрат A обеспечивает заданный вектор конечного продукта Y .

Перепишем матричное уравнение в виде:

$$(E - A) * X = Y \quad (3.22)$$

Если матрица $(E - A)(-1)$ – невырожденная, т.е. ее определитель не равен нулю, и тогда матрица $(E - A)(-1)$ называется матрицей полных затрат. Следовательно, каждый элемент y_j матрицы S есть величина валового выпуска продукции i -ой отрасли, необходимого для обеспечения выпуска единицы конечного продукта j -ой отрасли.

В соответствии с экономическим смыслом задачи значения x_i должны быть неотрицательны при неотрицательных значениях y_j и a_{ij} .

Матрица A называется продуктивной, если для любого вектора Y существует решение X уравнения $(E - A)(-1) X = Y$. (3.23)

В этом случае и модель Леонтьева называется продуктивной.

Существует несколько критериев продуктивности матрицы A , один из них говорит, о том, что матрица A продуктивна, если максимум сумм элементов ее столбцов не превосходит единицы, причем, хотя бы для одного из столбцов сумма элементов, строго меньше единицы.

Цель балансового анализа – ответить на вопрос, возникающий в экономике, связанный с эффективностью ведения многоотраслевой экономики: каким должен быть объем каждой из n отраслей, чтобы удовлетворить все потребности в этой продукции?

При этом каждая отрасль выступает, с одной стороны как производитель продукции, а с другой – как потребитель и своей и произведенной продукции.

Связь между отраслями, как правило, отражается в таблицах межотраслевого баланса, а математическая модель, разработанная на основе показателей баланса, названа в честь американского экономиста В. Леонтьева.

Предположим, что рассматривается n отраслей, каждая из которых производит свою продукцию. Часть продукции идет на внутрипроизводственное потребление данной отраслью и другими отраслями, а другая часть предназначена для целей конечного (вне сферы материального производства) личного и общественного потребления.

Рассмотрим процесс производства за некоторый период (напр., за год). Введем следующие обозначения:

x_i – объем валовой продукции i отрасли ($i=1, 2, \dots, n$)

x_{ij} - объем продукции i отрасли, потребляемой j отраслью в процессе производства ($i, j = 1, 2, \dots, n$)

y_i - объем конечного продукта i отрасли для непроизводственного потребления.

Так как валовой объем продукции любой i -ой отрасли равен суммарному объему продукции, потребляемой n отраслями и конечного продукта, то

$$X_i = (X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in}) + Y_i \quad (3.23)$$

Эти уравнения (их n штук) называются соотношениями баланса. Будем рассматривать стоимостной, межотраслевой баланс, когда все величины, входящие в эти уравнения имеют стоимостное выражение.

Введем коэффициенты прямых затрат:

$$a_{ij} = X_{ij} / X_j \quad (3.24)$$

показывающие затраты продукции i -ой отрасли на производство единицы стоимости j -ой отрасли.

Можно полагать, что в некотором промежутке времени коэффициенты a_{ij} будут постоянными и зависящими от сложившейся технологии производства. Это означает линейную зависимость материальных затрат от валового выпуска, т.е.

$X_{ij} = a_{ij} * X_j$, вследствие чего построенная на этом основании модель межотраслевого баланса получила название *линейной*.

Теперь соотношения баланса примут вид:

$$X_i = (a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{in} X_n) + Y_i \quad (3.25)$$

Тогда соотношения баланса в матричном виде можно записать как:

$$X = AX + Y \quad (3.26)$$

где X - вектор валового выпуска;

A - матрица прямых затрат;

Y - вектор конечного продукта

Основная задача межотраслевого баланса состоит в отыскании такого вектора валового выпуска X , который при известной матрице прямых затрат A обеспечивает заданный вектор конечного продукта Y .

Перепишем матричное уравнение в виде: $(E - A) * X = Y$

Если матрица $(E - A)^{(-1)}$ - невырожденная, т.е. ее определитель не равен нулю, и тогда матрица $(E - A)^{(-1)}$ называется матрицей полных затрат.

Следовательно, каждый элемент u , матрицы S есть величина валового выпуска продукции i -ой отрасли, необходимого для обеспечения выпуска единицы конечного продукта j -ой отрасли.

В соответствии с экономическим смыслом задачи значения X_i должны быть неотрицательны при неотрицательных значениях u и a .

Матрица A называется *продуктивной*, если для любого вектора Y существует решение X уравнения $(E - A)^{(-1)} X = Y$. В этом случае и модель

Леонтьева называется продуктивной.

Существует несколько критериев продуктивности матрицы A . Один из них говорит о том, что матрица A продуктивна, если максимум сумм элементов ее столбцов не превосходит единицы, причем хотя бы для одного из столбцов сумма элементов строго меньше единицы.

Пример. Рассмотрим экономику, которая состоит из двух отраслей. В таблице 3.1 приведены данные об исполнении баланса за отчетный период в усл. ден.ед.

Таблица 3.1

Данные об исполнении баланса за отчетный период в усл.ден.ед.

Отрасль		Потребление		Конечный продукт	Валовый выпуск
		Энергетика	Машино-строение		
Производство	Энергетика	7	21	72	100
	Машино-строение	12	15	123	150

Требуется:

- Определить коэффициенты прямых материальных затрат
- Рассчитать стратегические объемы валового выпуска при прогнозных значениях конечного продукта

Решение:

Объемы валового выпуска отраслей за отчетный период равны: $x_1=100$, $x_2=150$, объемы межотраслевых потоков равны: $x_{11}=7$, $x_{12}=21$, $x_{21}=12$, $x_{22}=15$, объемы конечного продукта равны: $y_1=72$, $y_2=123$

1. По формуле $a_{ij} = X_{ij} / X_j$, находим коэффициенты прямых затрат: $a_{11} = 0.07$, $a_{12} = 0.14$, $a_{21} = 0.12$, $a_{22} = 0.1$.

Т.е. матрица прямых затрат

$$A = \begin{pmatrix} 0.07 & 0.14 \\ 0.12 & 0.1 \end{pmatrix}$$

имеет неотрицательные элементы и удовлетворяет критерию продуктивности: $\max\{0.07 + 0.12; 0.14 + 0.1\} = \max\{0.19; 0.24\} = 0.24 < 1$. Поэтому для любого вектора конечного продукта Y можно найти необходимый объем валового выпуска X по формуле: $X = (E - A)^{-1} Y$.

Напишем матрицу полных затрат $S = (E - A)^{-1}$:

$$E - A = \begin{pmatrix} 0.93 & -0.14 \\ -0.12 & 0.9 \end{pmatrix}$$

Так как $|E - A| = 0.8202$, и по условию вектор конечного продукта:

$$Y = \begin{pmatrix} 72 \\ 123 \end{pmatrix}$$

Тогда по формуле $X = (E - A)^{-1} Y$ получаем вектор валового выпуска: т.е. валовой выпуск в энергетической отрасли надо увеличить до 179,0

усл.ед., а в машиностроительной - до 160,5 усл.ед.

Методические указания к решению задач системного анализа в макроэкономике с использованием программы Excel

Предположим, что два различных предприятия одной отрасли производят одинаковые типы продукции $P_1...P_m$, на которую расходуется n видов сырья $S_1...S_n$. В силу различной технологии нормы материальных затрат на предприятиях неодинаковы и описываются матрицами размера $n \times m$ A и B соответственно. Пусть первое предприятие производит x_1 единиц продукции P_1 , x_2 - типа P_2 , ... x_m - типа P_m . Второе, соответственно, $y_1...y_m$ единиц продукции.

Определение матрицы полных материальных затрат в данной отрасли на производство продукции.

Введём векторы – столбцы производства первого и второго предприятий:

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_m \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_m \end{pmatrix}.$$

Чтобы найти полные затраты первого предприятия по каждому виду сырья, нужно умножить матрицу норм материальных затрат A на столбец X , $AX = C$ (порядок сомножителей определяется возможностью перемножения двух матриц и экономическим смыслом их произведения). Матрица-столбец C имеет размер $n \times 1$.

Экономический смысл каждого элемента $c_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}x_j$ ($i = 1...n$) – полные затраты сырья S_i на всю продукцию, выпускаемую первым предприятием. Аналогично определяются полные затраты второго предприятия по каждому виду сырья: $BY = D$, где матрица-столбец D тоже имеет размер $n \times 1$. Полные затраты сырья каждого вида по обоим предприятиям получаются суммированием матриц C и D : $P = C + D$. Экономический смысл каждого элемента $p_i = c_i + d_i$ ($i = 1...n$) – полные затраты сырья S_i на всю продукцию, выпускаемую двумя предприятиями. В матричном виде $P = AX + BY$.

Пример. Три отрасли экономики выпускают продукцию трех видов. Часть продукции идёт на внутреннее потребление, остальная часть является конечным продуктом. Требуется выявить распределение между отраслями, производящей продукцию, идущей на внутреннее потребление и общие (валовые) объёмы выпускаемой продукции ($x_i, i = 1, 2, 3$), если заданы матрица коэффициентов прямых материальных затрат и вектор конечной продукции Y :

$$A = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.1 & 0.4 \\ 0.2 & 0.5 & 0 \\ 0.3 & 0.1 & 0.2 \end{pmatrix} Y = \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 300 \end{pmatrix}.$$

Заполнить таблицу межотраслевого баланса (МОБ).

Решение. Поскольку выпускаемый продукт X используется как для внутреннего потребления в количестве AX , где A – матрица прямых затрат, так и в качестве конечного продукта Y , то справедливо матричное уравнение $X - AX = Y$ или $(E - A)X = Y$ (где E – единичная матрица). Решение этого уравнения находится по формуле $X = (E - A)^{-1}Y$.

$$(E - A) = \begin{pmatrix} 0.7 & -0.1 & -0.4 \\ -0.2 & 0.5 & 0 \\ -0.3 & -0.1 & 0.8 \end{pmatrix},$$

Для нахождения решения этой задачи в EXCEL используем встроенные функции f_x .

Для формирования матрицы коэффициентов уравнений модели Леонтьева

$(I - A)$ сначала заполняем элементы единичной матрицы I . В ячейки диагонали матрицы заносим значения 1, остальные ячейки оставляем пустыми (значения в них равны нулю). Затем создаем матрицу $(I - A)$.

Теперь можно приступить к решению системы уравнений модели.

Для вычисления обратной функции $(E - A)^{-1}$ вызываем встроенные функции f_x из категории «Математические» функцию МОБР:

Это делается в следующей последовательности:

1. Выделяется необходимый диапазон ячеек, в котором будет размещаться результирующая обратная матрица. Следует помнить, что размерность обратной матрицы $B = (I - A)^{(-1)}$ должна совпадать с размерностью матрицы $(I - A)$.

2. Щелчком мыши курсор устанавливается в строку формул f_x .

3. Функция МОБР() вставляется в формулу из встроенного списка с помощью Мастера функций формула: =МОБР(A11:C13).

Для выполнения расчетов необходимо нажать на клавиатуре не обычную клавишу ввода, а комбинацию клавиш Ctrl + Shift + Enter. Порядок нажатия комбинации клавиш таков: нажимают первую, затем, не отпуская ее, нажимают вторую, затем, удерживая нажатыми эти клавиши, нажимают третью (не пытайтесь нажимать клавиши одновременно!). При этом формула одновременно вставляется во все ячейки выделенного диапазона и в них вычисляются соответствующие значения обратной матрицы.

Если по ошибке нажать просто клавишу ввода, то формула первоначально вставляется только в первую ячейку выделенного диапазона. Для ее распространения на весь диапазон следует заново выделить этот диапазон, затем щелкнуть мышью по строке формул для появления в ней курсора редактирования и нажать Ctrl + Shift + Enter.

$$(E - A)^{-1} = \begin{pmatrix} 2.041 & 0.612 & 1.02 \\ 0.816 & 2.245 & 0.408 \\ 0.867 & 0.510 & 1.684 \end{pmatrix}$$

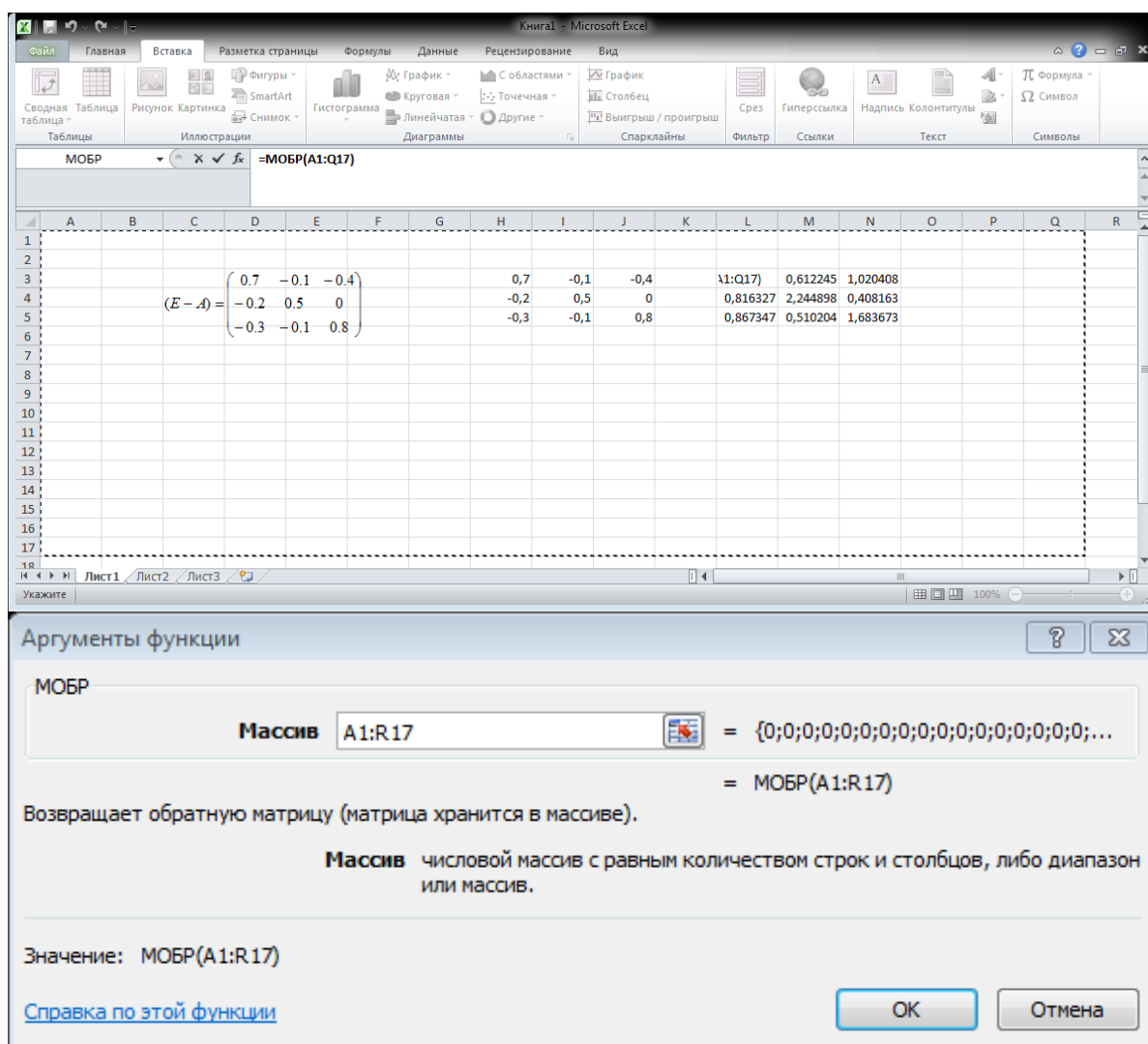


Рис 3.2 1 этап Выделение диапазон ячеек размещение матрицы

Для определения значений валового выпуска продукции по отраслям по формуле необходимо выделить диапазон-столбец (рис. 3.2). Затем в том же порядке, в каком производилось вычисление обратной матрицы, в выделенный диапазон заносится формула, содержащая функцию перемножения матриц =МУМНОЖ (диапазон обратной матрицы; диапазон вектора конечного продукта).

В результате в выделенном диапазоне вычисляется значение произведения матрицы полных затрат В и вектора конечного спроса Y – вектор объемов валового выпуска продукции X. Поскольку все элементы вектора X получились неотрицательными, можно сделать вывод, что модель оказалась продуктивной.

$$X = \begin{pmatrix} 2.041 & 0.612 & 1.02 \\ 0.816 & 2.245 & 0.408 \\ 0.867 & 0.510 & 1.684 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 200 \\ 100 \\ 300 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 775.3 \\ 510.1 \\ 729.6 \end{pmatrix}$$

Межотраслевые поставки продукции определяются по формуле:

$$X_{ij} = A_{ij} * X_j \quad (3.27)$$

Сумма элементов какой-либо строки матрицы межотраслевых поставок показывает, какое количество продукции соответствующей отрасли требуется для обеспечения производственной деятельности всех отраслей экономической системы. Соответствующие суммы вычислены справа от матрицы межотраслевых поставок. Видно, что объем продукции, затраченной на производственные нужды, для каждой отрасли (т.е., в каждой строке) равен разности между валовым выпуском X_i и конечным спросом Y_i .

Аргументы функции

МУМНОЖ

Массив1 = {0;0;X=(E-A)^-1*Y";0;0;0;0;0;0;0;0;...}

Массив2 = МАССИВ

=

Возвращает матричное произведение двух массивов; результат имеет то же число строк, что и первый массив, и то же число столбцов, что и второй массив.

Массив1 первый из перемножаемых массивов, число столбцов в нем должно равняться числу строк во втором массиве.

Значение:

[Справка по этой функции](#)

OK Отмена

Таблица 3.2

Прогнозные показатели межотраслевого баланса (МОБ):

Продукция Отрасли	1	2	3	Конечная продукция	Валовая продукция
1	232.6	51	291.8	200	775.3
2	155.1	255	0	100	510.1
3	232.6	51	145.9	300	729.6
Условно-чистый продукт	155	153.1	291.9	600	
Валовая продукция	775.3	510.1	729.6		2015

1. Какие научно-технические предпосылки становления науки "Системный анализ и теория принятия решений" можно выделить?

2. Изобразите графически связи теории принятия решений с другими науками.
3. Приведите основные принципы системного анализа.
4. В чем состоит свойство системы?
5. Какие проблемы можно решить с помощью моделей?
6. Какими свойствами обладают модели?
7. С какой проблемой сталкивается при проведении системного анализа?
8. Какова основная функция системы?
9. Какими характеристиками обладают экономический и системный анализ.
10. Что выражают экономико-математические модели?

Варианты для самостоятельного решения

1.Задание: Пусть производственная функция, связывающая выпуск готовой продукции данного предприятия с численностью рабочих x_1 и производственными фондами x_2 , есть

$$Y = 3 * x_1 * x_2$$

Общие затраты предприятия на заработную плату и покупку оборудования формализуются соотношением:

$$X_1 + X_2 = 150$$

Определить затраты предприятия (на покупку оборудования и заработную плату), максимизирующие выпуск продукции при соблюдении условия о величине общих затрат предприятия.

2.Задание: Производственная функция имеет следующий вид, $Q = 0.5 * X^2 + 0.6 * X * Y + 0.4 * Y^2 + 250 * X + 300 * Y + 1000$, где x и y соответственно количество ресурсов A и B . Общее количество используемых ресурсов должно быть равно 700 единиц. Сколько единиц ресурсов A и B нужно использовать, чтобы объем производства был максимальным?

3.Задание: определить оптимальные пропорции экономики на основе данных таблицы 3.1:

Таблица 3.1

Коэффициенты прямых затрат a_{ij} и конечный продукт Y_i

Отрасль	Коэффициенты прямых затрат			Конечный продукт Y_i
	Промышленность	Сельское хозяйство	Непроизводственная сфера	
Промышленность	0,1	0,2	0,1	200
Сельское хозяйство	0,2	0,1	0	150
Непроизводственная сфера	0,1	0,2	0,3	250

1. Определить межотраслевые поставки продукции.
 2. Проверить продуктивность матрицы A .
 3. Заполнить схему межотраслевого баланса.
- 4.Задание:** На основе следующих данных рассчитать коэффициенты прямых a_{ij} и полных затрат и условно-чистую продукцию для промышленности,

сельского хозяйства и непроеизводственной сферы

Таблица 3.2

Коэффициенты прямых затрат a_{ij} и конечный продукт Y_i

Отрасль	Промежуточная продукция			Конечная продукция Y_i
	Промышленность	Сельское хозяйство	Непроизводственная сфера	
Промышленность	50	60	80	60
Сельское хозяйство	25	90	40	25
Непроизводственная сфера	25	60	40	35

5.Задание: Задана модель экономики, в которой выделены четыре сектора: три производящих (сельское хозяйство, промышленность, транспорт) и домашние хозяйства в качестве сектора конечного спроса. Структура экономики описана в таблице 3.3.межотраслевого баланса :

Таблица 3.3

Структура экономики межотраслевого баланса

Отрасль	Промежуточная продукция				Конечная продукция Y_i
	Сельское хозяйство	Промышленность	Транспорт	Домашние хозяйства	
Сельское хозяйство	50	16	120	60	246
Промышленность	30	10	180	100	320
Транспорт	15	14	140	80	249

1. Вычислить вектор выпуска для вектора конечного спроса $Y = (100, 150, 120)$
5. **Задание:** Даны коэффициенты прямых затрат a_{ij} и конечный продукт Y_i в межотраслевом балансе для трех отраслей:

Таблица 3.4

Коэффициенты прямых затрат a_{ij} и конечный продукт Y_i

Вариант 1					Вариант 2				
Отрасль	Коэффициенты затрат			Конечный продукт Y_i	Отрасль	Коэффициенты затрат			Конечный продукт Y_i
	1	2	3			1	2	3	
1.	0,1	0,2	0,3	260	1.	0,2	0,1	0,3	310
2.	0,2	0,3	0,1	40	2.	0,3	0,2	0,1	70
3.	0,3	0,1	0,2	20	3.	0,1	0,3	0,2	20

1. Проверить продуктивность матрицы коэффициентов прямых затрат A .
2. Рассчитать коэффициенты полных затрат.
3. Найти объемы валовой продукции отраслей
4. Заполнить схему межотраслевого баланса.
7. **Задание:** Даны коэффициенты прямых затрат a_{ij} и конечный продукт Y_i для трехотраслевой экономической системы:

Таблица 3.5

Коэффициенты прямых затрат a_{ij} и конечный продукт Y_i

Отрасль	Коэффициенты прямых затрат			Конечный продукт Y_i
	1	2	3	
1.	0,3	0,1	0,4	200
2.	0,2	0,5	0	100
3.	0,3	0,1	0,2	300

1. Определить коэффициенты полных затрат, вектор валового выпуска, межотраслевые поставки продукции.
2. Проверить продуктивность матрицы A .
3. Заполнить схему межотраслевого баланса.
6. Для трех отраслевой экономической системы заданы матрица коэффициентов прямых материальных затрат

$$A = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.1 \end{pmatrix} \text{ и } Y = \begin{pmatrix} 200 \\ 150 \\ 250 \end{pmatrix} - \text{вектор конечной продукции.}$$

Найти коэффициенты полных материальных затрат и вектор валовой продукции. Заполнить таблицу межотраслевого баланса.

8. Задание: Используя условие задачи 2, выявить распределение между отраслями продукции, идущей на внутреннее потребление, и общие

(валовые) объёмы выпускаемой продукции (X_{ij}), если

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0.1 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.2 \end{pmatrix} \text{ и } Y = \begin{pmatrix} 180 \\ 200 \\ 200 \end{pmatrix}. \text{ Результаты занести в таблицу межотраслевого}$$

баланса.

9. Задание: Для трех отраслевой экономической системы заданы матрица коэффициентов прямых материальных затрат

$$A = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.1 & 0.2 \\ 0 & 0.1 & 0.2 \\ 0.1 & 0 & 0.1 \end{pmatrix} \text{ и } Y = \begin{pmatrix} 150 \\ 180 \\ 100 \end{pmatrix} - \text{вектор конечной продукции.}$$

Найти коэффициенты полных материальных затрат и вектор валовой продукции. Результаты занести в таблицу межотраслевого баланса.

10. Задание: Для трех отраслевой экономической системы заданы матрица коэффициентов прямых материальных затрат

$$A = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.3 \\ 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} \text{ и } Y = \begin{pmatrix} 180 \\ 200 \\ 160 \end{pmatrix} - \text{вектор конечной продукции.}$$

Найти коэффициенты полных материальных затрат и вектор валовой продукции. Результаты занести в таблицу межотраслевого баланса.

11. Задание: Для трех отраслевой экономической системы заданы матрица коэффициентов прямых материальных затрат

$$A = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.1 & 0.1 & 0.4 \\ 0.1 & 0.2 & 0 \end{pmatrix} \text{ и } Y = \begin{pmatrix} 140 \\ 120 \\ 110 \end{pmatrix} - \text{вектор конечной продукции.}$$

Найти коэффициенты полных материальных затрат и вектор валовой продукции. Результаты занести в таблицу межотраслевого баланса.

12. Задание: Для трех отраслевой экономической системы заданы матрица коэффициентов прямых материальных затрат

$$A = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.3 \\ 0.2 & 0.1 & 0.3 \end{pmatrix} \text{ и } Y = \begin{pmatrix} 120 \\ 100 \\ 200 \end{pmatrix} - \text{вектор конечной продукции.}$$

Найти коэффициенты полных материальных затрат и вектор валовой продукции. Результаты занести в таблицу межотраслевого баланса.

13. Задание: Для трех отраслевой экономической системы заданы матрица коэффициентов прямых материальных затрат

$$A = \begin{pmatrix} 0.4 & 0 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0 \\ 0.2 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} \text{ и } Y = \begin{pmatrix} 180 \\ 110 \\ 130 \end{pmatrix} - \text{вектор конечной продукции.}$$

Найти коэффициенты полных материальных затрат и вектор валовой продукции. Результаты занести в таблицу межотраслевого баланса.

ТЕМА 4. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Теоретическая часть

Классическими задачами системного анализа являются игровые задачи принятия решений в условиях риска и неопределенности.

Неопределенными могут быть как цели операции, условия выполнения операции, так и сознательные действия противников или других лиц, от которых зависит успех операции.

Критерий принятия решений - это функция, выражающая предпочтения лица, принимающего решения (ЛПР), и определяющая правило, по которому выбирается приемлемый или оптимальный вариант решения.

Всякое решение в условиях неопределенности принимается с учетом количественных характеристик информации ситуаций, в которой принимаются решения. Наиболее часто используются следующие критерии при принятии решений: Севиджа, критерий Гурвица, критерий Ходжа-Лимона, критерий Гермейера, минимаксный критерий, критерий Байеса-Лапласа.

Эти критерии можно использовать поочередно, причем после вычисления их значений среди нескольких вариантов приходится произвольным образом выделять некоторое окончательное решение. Что позволяет, во-первых, лучше проникнуть во все внутренние связи проблемы принятия решений и, во-вторых, ослабить влияние субъективного фактора, в-третьих еще раз обосновать правильность своего принятого решения.

Классические критерии принятия решений

Минимаксный критерий использует оценочную функцию Z_{MM} соответствующую позиции крайней осторожности.

$$Z_{MM} = \max_i e_{ir} \text{ и } e_{ir} = \min_j e_{ij}, (4.1)$$

где Z_{MM} – оценочная функция ММ критерия.

Поскольку в области решения задач построение множества E вариантов уже само по себе требует весьма значительных усилий, причем иногда возникает необходимость в их рассмотрении с различных точек зрения. Оно должно напоминать о том, что совокупность вариантов необходимо исследовать, более полным образом, чтобы была обеспечена оптимальность и обоснованность выбранного варианта.

Правило выбора решения в соответствии с этим критерием можно интерпретировать следующим образом:

Матрица решений дополняется еще одним столбцом из наименьших результатов e_{ir} каждой строки. Выбрать надлежит те варианты E_{io} , в строках которых стоят наибольшие значения e_{ir} этого столбца.

Выбранные таким образом варианты полностью исключают риск. Это означает, что принимающий решение не может столкнуться с худшим

результатом, чем тот, на который он ориентируется. Какие бы условия F_j ни встретились, соответствующий результат не может оказаться ниже Z_{MM} .

Это свойство заставляет считать минимаксный критерий одним из фундаментальных (безубыточным). Поэтому в решении задач он применяется чаще всего, как сознательно, так и неосознанно. Однако положение об отсутствии риска стоит различных потерь.

Критерий Сэвиджа

С помощью обозначения $a_{ij} = \max e_{ij} - e_{ij}$ — это $e_{ir} = \max a_{ij} = \max(\max e_{ij} - e_{ij})$, формируется оценочная функция

$$Z_s = \min e_{ir} = \min[\max(\max e_{ij} - e_{ij})]. \quad (4.2)$$

Соответствующее правило выбора теперь интерпретируется так:

Каждый элемент матрицы решений вычитается из наибольшего результата соответствующего столбца. Эти разности образуют матрицу остатков. Эта матрица пополняется столбцом наибольших разностей e_{ir} . Выбираются те решения E_{i_0} , в строках, которых стоит наименьшее значение для этого столбца и строится множество оптимальных вариантов решения

$$E_0 = \{E_{i_0} [E_{i_0} \in \wedge e_{i_0}]\} = \min e_{ir}. \quad (4.3)$$

Для полного понимания этого критерия, определяемую соотношением величин $a_{ij} = \max e_{ij} - e_{ij}$ можно трактовать, как максимальный дополнительный выигрыш, который достигается, если в состоянии F_j вместо варианта E_i выбрать другой, оптимальный для этого внешнего состояния вариант.

Можно, однако, интерпретировать a_{ij} и, как потери (штрафы), возникающие в состоянии F_i при замене оптимального для него варианта на вариант E_i .

Тогда определяемая соотношением величина e_{ir} представляет собой интерпретацию a_{ij} в качестве потерь или максимально возможные (по всем внешним состояниям) F_j , ($j = 1, \dots, n$) потери в случае выбора варианта E_i . Эти максимально возможные потери минимизируются за счет выбора подходящего варианта E_i .

Соответствующее S - критерию правило выбора теперь интерпретируется так: каждый элемент матрицы решений $\|e_{ij}\|$ вычитается из наибольшего результата $\max e_{ij}$ соответствующего столбца.

Разности a_{ij} образуют матрицу остатков $\|a_{ij}\|$. Эта матрица пополняется столбцом наибольших разностей e_{ir} . Выбираются те варианты E_{i_0} , в строках которых стоит наименьшее для этого столбца значение.

По выражению оценивается значение результатов тех состояний, которые, вследствие выбора соответствующего распределения вероятностей, оказывают одинаковое влияние на решение, с точки зрения результатов

матрицы $\|e_{ij}\|$ S - критерий связан с риском, однако, с позиций матрицы $\|a_{ij}\|$ он от риска свободен.

Критерий Гурвица

Стараясь занять наиболее уравновешенную позицию, Гурвиц предложил критерий, оценочная функция которого находится где-то между точками зрения предельного оптимизма и крайнего пессимизма:

$$Z_{HW} = \max e_{ir} \quad (4.4)$$

Правило выбора согласно HW - критерию формулируется так:

Матрица решений дополняется столбцом, содержащим средние взвешенные наибольшего и наименьшего результатов для каждой строки.

Выбираются те варианты E_{i_0} , в строках которых стоят наибольшие элементы e_{ij} этого столбца. В технических приложениях правильно выбрать множитель бывает, также трудно, как правильно выбрать критерий. Вряд ли возможно найти количественную характеристику для тех долей оптимизма и пессимизма, которые присутствуют при принятии решения. Поэтому чаще всего весовой множитель $c = 0,5$ без возражений принимается в качестве некоторой «средней» точки зрения.

При обосновании выбора применяют обратный порядок действий. Для приглянувшегося решения вычисляется весовой множитель c , и он интерпретируется как показатель соотношения оптимизма и пессимизма. Таким образом, позиция исходя из которых принимаются решения, можно рассортировать, по крайней мере, задним числом.

Этот критерий предъявляет к ситуации, в которой принимается решение, следующие требования:

О вероятностях появления состояния F_j ничего не известно, с появлением состояния F_j необходимо считаться; реализуется лишь малое количество решений; допускается некоторый риск.

Критерий Байеса-Лапласа

Этот критерий учитывает каждое из возможных следствий. Пусть q_j – вероятность появления внешнего состояния F_j , тогда для этого критерия оценочная функция запишется так:

$$Z_{BL} = \max e_{ir}, \quad e_{ir} = \sum e_{ij} q_j. \quad (4.5)$$

Тогда правило выбора будет записано так:

Матрица решений дополняется еще одним столбцом, содержащим математическое ожидание значений каждой из строк. Выбираются те варианты E_{i_0} , в строках которых стоит наибольшее значение e_{ir} этого столбца.

Критерий Байеса-Лапласа предъявляет к ситуации, в которой принимается решение, следующие требования:

- вероятность появления состояния V_j известна и не зависит от времени;

- принятое решение теоретически допускает бесконечно большое количество реализаций;

- допускается некоторый риск при малых числах реализаций.

В соответствии с критерием Сэвиджа в качестве оптимальной выбирается такая стратегия, при которой величина риска принимает наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации:

$$W = \min_i \max_j (W_{\max_i} - W_{ij}) \quad (4.6)$$

Здесь величину W можно трактовать, как максимальный дополнительный выигрыш, который достигается, если в состоянии V_j вместо варианта U_i выбрать другой, оптимальный для этого внешнего состояния, вариант.

Соответствующее критерию Сэвиджа правило выбора следующее: каждый элемент матрицы решений $[W_{ij}]$ вычитается из наибольшего результата $\max_j W_{ij}$ соответствующего столбца. Разности образуют матрицу остатков. Эта матрица пополняется столбцом наибольших разностей W_{ir} . Выбирается тот вариант, в строке которого стоит наименьшее значение.

Согласно критерию Гурвица, выбирается такая стратегия, которая занимает некоторое промежуточное положение между крайним пессимизмом и оптимизмом:

$$W = \max_j [\rho \min_i W_{ij} + (1 - \rho) \max_i W_{ij}], \quad (4.7)$$

где, r - коэффициент пессимизма, выбираемый в интервале $[0, 1]$.

Правило выбора, согласно данному критерию следующее: матрица решений $[W_{ij}]$ дополняется столбцом, содержащим средние взвешенные наименьшего и наибольшего результатов для каждой строки. Выбирается тот вариант, в строках которого стоят наибольшие элементы W_{ir} выбранных из столбцов значений.

При $r = 1$ критерий Гурвица превращается в критерий Вальда (пессимиста), а при $r = 0$ - в критерий азартного игрока. Отсюда ясно, какое значение имеет весовой множитель r . В технических приложениях правильно выбрать этот множитель бывает так же трудно, как правильно выбрать критерий. Поэтому чаще всего весовой множитель $r = 0,5$ принимается в качестве средней точки зрения.

Критерий Гурвица предъявляет к ситуации, в которой принимается решение, следующие требования:

- о вероятности появления состояния V_j ничего не известно;
- появление состояния V_j необходимо учитывать;
- реализуется лишь малое количество решений;

Сведение игры двух лиц с нулевой суммой к задаче линейного программирования.

Если седловая точка отсутствует, то общим методом решения игры любой (конечной) размерности является сведение игры двух лиц с нулевой суммой к задаче линейного программирования.

Из основного положения теории стратегических игр следует, что при использовании смешанных стратегий существует, по меньшей мере, одно оптимальное решение с ценой игры v , причем $0 \leq v \leq 1$, т.е. цена игры находится между нижним и верхним значениями игры. Величина v неизвестна, но можно предположить, что $v > 0$. Это условие выполняется, поскольку путем преобразования матрицы всегда можно сделать все ее элементы положительными.

Таким образом, если в исходной платежной матрице имеется хотя бы один неположительный элемент, то первым шагом в процедуре сведения игры к задаче линейного программирования должно быть ее преобразование в матрицу, все элементы которой строго положительны. Для этого достаточно увеличить все элементы исходной матрицы на одно и то же число $d > \max_i \min_j |a_{ij}|$, где $a_{ij} \leq 0$. При таком преобразовании матрицы, оптимальные стратегии игроков не изменяются.

Допустим, что смешанная стратегия игрока 1 складывается из стратегий $a_1, a_2, \dots, a_m$ с вероятностями соответственно $p_1, p_2, \dots, p_m$ $\left(\sum_{i=1}^m p_i = 1, p_i \geq 0 \right)$. Оптимальная смешанная стратегия игрока 2 складывается из стратегий $b_1, b_2, \dots, b_n$ с вероятностями $q_1, q_2, \dots, q_n$ $\left(\sum_{j=1}^n q_j = 1, q_j \geq 0 \right)$.

Условия игры определяются платежной матрицей $\{a_{ij}\}_{m,n}$, $a_{ij} \geq 0$, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$. Если игрок 1 применяет оптимальную смешанную стратегию, а игрок 2 чистую стратегию b_j , то средний выигрыш игрока 1 (математическое ожидание выигрыша) составит $p_1 a_{1j} + p_2 a_{2j} + \dots + p_m a_{mj}$, $j = 1, \dots, n$.

Игрок 1 стремится к тому, чтобы при любой стратегии игрока 2 его выигрыш был, не менее чем цена игры v и сама цена игры была максимальной. Такое поведение игрока 1 описывается следующей моделью линейного программирования:

$v \rightarrow \max$ (игрок 1 стремится максимизировать свой выигрыш),

$$p_1 a_{11} + p_2 a_{21} + \dots + p_m a_{m1} \geq v,$$

$$p_1 a_{12} + p_2 a_{22} + \dots + p_m a_{m2} \geq v,$$

.....

$$p_1 a_{1n} + p_2 a_{2n} + \dots + p_m a_{mn} \geq v,$$

$$p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1,$$

$$p_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m,$$

или, обозначив $x_i = p_i / v$, имеем

[illegible]

Причем

Поведению игрока 2 соответствует двойственная задача:

где $y_i = q_i / v$.

Справедливо и обратное положение: любую задачу линейного программирования можно свести к решению соответствующей игры двух лиц с нулевой суммой.

2. Матричная игра двух лиц с ненулевой постоянной суммой.

Конечная игра, в которой сумма выигрышей обоих игроков не равна нулю и постоянна для всех сочетаний их чистых стратегий, называется матричной игрой двух лиц с ненулевой постоянной суммой.

Пусть $\{a_{ij}\}_{m,n}$ – матрица выигрышей игрока 1 и $\{b_{ij}\}_{m,n}$ – матрица выигрышей игрока 2. Причем $a_{ij} + b_{ij} = c$ для всех $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$.

Такого рода игра сводится к игре двух лиц с нулевой суммой следующим образом:

- 1) каждому игроку выплачивается сумма $c/2$;
- 2) решается игра с нулевой суммой с матрицей выигрышей $\{a'_{ij}\}_{m,n}$ игрока 1, где

$$a'_{ij} = a_{ij} - c/2. (4.10)$$

Действительно, в игре с преобразованной таким способом матрицей выигрышей игрок 2 получает сумму $c/2 - a_{ij}$ для всех $i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$, т.е. новая игра является игрой с нулевой суммой. При этом каждый игрок ничего

не теряет от того, что каждый из них в игре получает на $c/2$ меньше, поскольку по $c/2$ они получили перед игрой.

Критерий произведений

С самого начала этот критерий ориентирован на величины выигрышей, то есть на положительные значения величины e .

Определим оценочную функцию:

$$Z_p = \max e_{ir} \quad (4.11)$$

Правило выбора в этом случае формулируется так:

- Матрица решений дополняется новым столбцом, содержащим произведения всех результатов каждой строки. Выбираются те варианты E_{i0} , в строках которых находятся наибольшие значения этого столбца.

Применение этого критерия обусловлено следующими обстоятельствами:

- Вероятности появления состояний F_j неизвестны;
- с появлением каждого из состояний F_j по отдельности необходимо считаться;
- критерий применим при малом числе реализаций решения; некоторый риск допускается.

Как уже упоминалось, этот критерий приспособлен в первую очередь для случаев, когда все e_{ij} положительны.

Если указанное условие нарушается, а этот критерий приходится применять то в данном случае, следует выполнить некоторый сдвиг $e_{ij} + a$ с некоторой константой $a > |\min e_{ij}|$.

Разумеется, результат применения критерия существенно зависит от этого значения a . На практике в качестве значения часто используют величину $|\min e_{ij}| + 1$. Если же никакая константа не может быть признана имеющей смысл, то к таким проблемам этот критерий не применим.

Выбор оптимального решения согласно критерию произведений оказывается значительно, менее пессимистическим, чем, например, выбор в соответствии с минимаксным критерием.

В результате применения критерия произведений происходит некоторое выравнивание между большими и малыми значениями e_{ij} и, устанавливая оптимальный вариант решения с помощью этого критерия, мы можем при фиксированных состояниях F_j получить большую выгоду, чем при использовании минимаксного критерия, но при этом должна учитываться возможность появления и худших результатов. Следует отметить, что при использовании этого критерия ни число реализаций, ни информация о распределении вероятностей не принимаются во внимание.

Критерий Гермейера

Критерий Гермейера эффективный и пригодный метод, при компромиссе решений в области полиоптимизации - т.е. всех решений,

которые не считаются заведомо худшими, чем другие, при этом можно предположить его как еще один критерий, обладающий в некотором отношении определенной эластичностью. Он с самого начала ориентирован на величины потерь, т.е. на отрицательные значения e_{ij} .

В качестве оценочной функции выступает

$$Z_G = \max e_{ij} \quad (4.12)$$

Поскольку в экономических задачах преимущественно, имеем дело с ценами и затратами, условие $e_{ij} < 0$ обычно выполняется. В случае же, когда среди величин e_{ij} встречаются неположительные значения, можно перейти к строго отрицательным значениям с помощью преобразования e_{ij} - а,при подходящим образом подобранном $a > 0$.

Правило выбора согласно критерию Гермейера формулируется следующим образом:

Матрица решений дополняется еще одним столбцом, содержащим в каждой строке наименьшее произведение имеющегося в ней результата на вероятность соответствующего состояния F_j . Выбираются те решения E_{i_0} , в строках которых находится наибольшее значение e_{i_0} этого столбца.

Составной критерий Байеса-Лапласа минимаксный

Стремление получить критерии, которые бы лучше приспособлялись к имеющейся ситуации, чем все до сих пор рассмотренные, привело к построению так называемых составных критериев.

Исходным для построенного был VL - критерий. Вследствие того, что распределение $q = (q_1, \dots, q_n)$ устанавливается эмпирически, и потому известно что происходит, с одной стороны, ослабление критерия, а с другой, напротив, с помощью заданных границ для риска и посредством MM - критерия обеспечивается соответствующая свобода действий. Точные формулировки состоят в следующем.

Зафиксируем, прежде всего задаваемое MM -критерием опорное значение:

$$Z_{MM} = \max_i \min_j e_{ij} = e_{i_0 j_0} \quad (4.13)$$

где i_0 и j_0 - оптимизирующие индексы для рассматриваемых вариантов решений и, соответственно, состояний.

Посредством некоторого заданного или выбираемого уровня допустимого риска $E_{\text{ан}} > 0$ определим некоторое множество согласия, являющееся подмножеством множества индексов $\{1, \dots, m\}$:

$$I_1 := \{i | i \in \{1, \dots, m\} \wedge e_{i_0 j_0} - \min_i e_{ij} \leq E_{\text{ан}} \} \quad (4.14)$$

Величина $E_i = e_{i_0 j_0} - \min_j e_{ij}$ для всех $i \in I_1$ - характеризует наибольшие возможные потери в сравнении со значением $e_{i_0 j_0}$, задаваемым MM - критерием. С другой стороны, в результате такого снижения открываются и

возможности для увеличения выигрыша по сравнению с тем, который обеспечивается MM -критерием. Поэтому мы рассматриваем также (опять-таки, как подмножество множества $\{1, \dots, m\}$) некоторое выигрышное множество.

$$I_2 := \{i | i \in \{1, \dots, m\} \wedge \max_j e_{ij} - \max_j e_{i_0j} \geq e_{i_0j_0} - \min_i e_{ij} = E_i\} \quad (4.15)$$

Тогда во множестве пересечений $I_1 I_2$, мы соберем только такие варианты решений, для которых, с одной стороны, в определенных состояниях могут иметь место потери по сравнению с состоянием, задаваемым MM -критерием,

$$E_0 := \{E_{i_0} | E_{i_0} = E \wedge e_{i_0} = \max_{i \in I_1 \cap I_2} \sum_{j=1}^n e_{ij} q_j\} \quad (4.16)$$

но зато в других состояниях, имеется по меньшей мере такой же прирост выигрыша.

Теперь оптимальными в смысле $VL (MM)$ - критерия будут решения.

Правило выбора для этого критерия формулируется следующим образом.

Матрица решений $\|e_{ij}\|$ дополняется еще тремя столбцами.

В первом из них записываются математические ожидания каждой из строк, во втором – разности между опорным значением $e_{i_0j_0} = Z_{MM}$ и наименьшим значением $\min_j (e_{ij})$ соответствующей строки.

В третьем столбце помещаются разности между наибольшим значением $\max_j e_{ij}$ каждой строки и наибольшим значением $\max_j e_{i_0j}$ той строки, в которой находится значение $e_{i_0j_0}$. Выбираются, те варианты E_{i_0} строки которых (при соблюдении приводимых ниже соотношений между элементами второго и третьего столбцов) дают наибольшее математическое ожидание. А именно, соответствующее значение $e_{i_0j_0} - \min_j e_{ij}$ из второго столбца должно быть меньше или равно некоторому заранее заданному уровню риска $\underline{\varepsilon}_{\text{доп}}$.

Значение же из третьего столбца должно быть больше значения из второго столбца.

Применение этого критерия обусловлено следующими признаками ситуации, в которой принимается решение:

- вероятности появления состояний F_j неизвестны, однако имеется некоторая априорная информация в пользу какого-либо определенного распределения;
- необходимо считаться с появлениями различных состояний, как по отдельности, так и в комплексе;
- допускается ограниченный риск;
- принятое решение реализуется один раз или многократно.

Таким образом, спектр применимости теории распространяется далеко за пределы предыдущих критериев. Особо следует подчеркнуть, что действие новых критериев остается вполне обозримым, хотя функция распределения может играть лишь подчиненную роль.

$VL (MM)$ - критерий хорошо приспособлен для построения практических решений, прежде всего в области техники и может считаться достаточно надежным. Однако задание границы риска $\underline{\varepsilon}_{\text{доп}}$ и, соответственно, оценок риска ε_i не учитывает ни число применений решения, ни иную подобную информацию. Влияние субъективного фактора хотя и ослаблено, но не исключено полностью.

Условие $\max_j e_{ij} - \max_j e_{i_0j} \geq \varepsilon_i$ существенно в тех случаях, когда решение реализуется только один или малое число раз. В этих случаях недостаточно ориентироваться на риск, связанный лишь с невыгодными внешними состояниями и средними значениями. Из-за этого, правда, можно понести некоторые потери в удачных внешних состояниях. При большом числе реализации это условие перестает быть таким уж важным. Оно даже допускает разумные альтернативы.

Вопросы для закрепления знаний

1. Что обозначает термин «критерий принятия решения»?
2. Какие критерии считаются классическими?
3. Что значит минимаксный критерий?
4. Когда используется критерий Сэйвижда?
5. Что значит максиминный критерий?
6. Чем отличается максиминный критерий от минимаксного?
7. Когда используется метод сведения игры двух лиц с нулевой суммой к задаче линейного программирования?
8. Какие критерии вы знаете?
9. Критерий Вальда и Гурвица отличительные черты.
10. Критерий Баенса-Лапласа специфика и особенности.

Кейс «Как завоевать рынок?»

Два конкурирующих друг с другом предприятия, выпускающие стиральные машины, имеют следующие доли общего сбыта своей продукции на местном рынке: 53% – предприятие 1 и 47% – предприятие 2.

Оба предприятия пытаются увеличить объем своих продаж. Для этого у них есть следующие альтернативы: $a_1(b_1)$ – расширить сеть сбыта; $a_2(b_2)$ – рекламировать свою продукцию; $a_3(b_3)$ – увеличить ассортимент (число моделей стиральных машин); $a_4(b_4)$ – ничего не предпринимать.

Анализ показал, что при осуществлении обоими предприятиями указанных мероприятий доля (в %) предприятия 1 на рынке стиральных машин изменится следующим образом:

Таблица 4.1

Варианты альтернатив предприятий

Стратегии предприятия 1 \ Стратегии предприятия 2	b_1	b_2	b_3	b_4
a_1	-4	-5	-1	6
a_2	-1	0	-3	5
a_3	-3	1	-5	5
a_4	-8	-7	-6	0

Сформулируйте данную ситуацию в виде игры.

Вопросы:

1. Какое из мероприятий предприятия 1 наиболее эффективно?
2. Какую долю на рынке будет иметь предприятие 1?
3. Какое из мероприятий предприятия 2 наиболее эффективно?
4. С какой частотой следует предприятию 2 использовать стратегию «реклама»?

Решение. Приведенную выше таблицу можно рассматривать как платежную матрицу игры двух лиц с нулевой суммой. Альтернативы, имеющиеся в распоряжении предприятий, – стратегии игроков. Прежде всего следует исключить доминируемые стратегии игроков: a_4 игрока 1 и b_4 игрока 2. В результате получим

Таблица 4.2

Стратегии предприятия 1 \ Стратегии предприятия 2	b_1	b_2	b_3
a_1	-4	-5	-1
a_2	-1	0	-3
a_3	-3	1	-5

Увеличив все элементы матрицы на 6, решим следующую задачу линейного программирования:

$$x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min,$$

$$2x_1 + 5x_2 + 3x_3 \geq 1,$$

$$x_1 + 6x_2 + 7x_3 \geq 1,$$

$$5x_1 + 3x_2 + 3x_3 \geq 1,$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, 3.$$

Используя пакет Excel, получаем следующий результат:

Таблица 4.3

	X_1	X_2	X_3			
Минимум	1	1	1			
Ограничение 1	2	5	3	$\geq$	1	-0,105
Ограничение 2	1	6	7	$\geq$	1	0
Ограничение 3	5	3	1	$\geq$	1	-0,158

Решение	0,105	0,158	0		0,26	
---------	-------	-------	---	--	------	--

Переходя к переменным исходной задачи и учитывая, что $v = 1/(x_1 + x_2 + x_3) = 3,85$ и $p_i = x_i \cdot v$, получаем: $p_1 = 0,4$, $p_2 = 0,6$, $p_3 = 0$, $p_4 = 0$. Цена игры, соответствующая первоначальной матрице, равна $-2,15 (3,85 - 6)$.

Таким образом, предприятие 1 при многократном повторении игры должно использовать с частотой 0,4 стратегию a_1 (расширить сеть сбыта), с частотой 0,6 – стратегию a_2 (рекламировать свою продукцию), а стратегии a_3 (увеличить ассортимент) и a_4 (ничего не предпринимать) не использовать вовсе. При этом доля сбыта предприятия на рынке уменьшится на 2,15%.

Оптимальная смешанная стратегия предприятия 2: с частотой 0,4 использовать стратегию b_1 (расширить сеть сбыта) и с частотой 0,6 – стратегию b_3 (увеличить ассортимент). Стратегии b_2 (рекламировать свою продукцию) и b_4 (ничего не делать) не применять вовсе. Доля предприятия 2 на рынке увеличится на 2,15%. Казалось бы, поскольку в результате осуществления своих мероприятий предприятие 1 «теряет рынок», ему не следует ничего предпринимать, однако в этом случае оно потеряет еще больше (в соответствии со стратегией a_4) из-за действий предприятия 2, которому они выгодны.

Ответы: 1. Реклама. 2. 50,85%. 3. Увеличение ассортимента. 4. С нулевой частотой, т.е. стратегия «реклама» предприятием 2 вообще не должна применяться.

Методические указания к решению задач с учетом неопределенности и риска с применением Excel

Любая парная игра с нулевой суммой может быть сведена к решению задачи линейной оптимизации. Используя значение функции и неизвестных взаимно двойственных задач линейной оптимизации, легко найти цену игры и вероятности применения стратегий каждым из игроков.

Пример 1. В качестве примера применения информационных технологий Excel найдем решение парной игры с платежной матрицей

Таблица 4.4

I \ II	1	2	3	4
	1	2	3	4
1	24	20	18	21
2	19	22	24	20
3	14	16	20	25

Решение Для данной задачи $\alpha \neq \beta$ (седловая точка отсутствует). Запишем пару двойственных задач линейной оптимизации для решения игры.

$$Z = x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} 24x_1 + 19x_2 + 14x_3 \geq 1, \\ 20x_1 + 22x_2 + 16x_3 \geq 1, \\ 18x_1 + 24x_2 + 20x_3 \geq 1, \\ 21x_1 + 20x_2 + 25x_3 \geq 1. \end{cases}$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1,3}).$$

$$F = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} 24u_1 + 20u_2 + 18u_3 + 21u_4 \leq 1, \\ 19u_1 + 22u_2 + 24u_3 + 20u_4 \leq 1, \\ 14u_1 + 16u_2 + 20u_3 + 25u_4 \leq 1. \end{cases}$$

$$u_i \geq 0 \quad (i = \overline{1,4}).$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Коэффициенты			Ограничения			
3		24	19	14		≥	1	
4		20	22	16		≥	1	
5		18	24	20		≥	1	
6		21	20	25		≥	1	
7								
8		x1	x2	x3		ЦФ		
9								
10								
11		$\gamma = \frac{1}{f(x)_{\min}}$				$p_1 = x_1^* \cdot \gamma$	$p_2 = x_2^* \cdot \gamma$	$p_3 = x_3^* \cdot \gamma$
12								
13								
14								
15								
16								

Рис. 4.1. Данные для решения исходной задачи примера 1 введенные в программу Excel.

Процедура решения исходной и двойственной задач с помощью Excel. Внесем данные на рабочий лист в соответствии с Рис. 4.1

В ячейки E3:E6 введем формулы для расчета функций – ограничений, ячейки B9:D9 отведем для переменных x_j , ячейку B15 – для расчетного значения цены игры γ , диапазон ячеек F12:H12 – для расчетных значений вероятностей применения стратегий игроком I, и, наконец, ячейку F9 – для расчета целевой функции. Введем все необходимые формулы в соответствующие ячейки. Установим все необходимые ограничения исходной задачи перед запуском Поиска решения.

С помощью Поиска решения получим следующий результат:

x1	x2	x3		ЦФ		
0,020182	0,02474	0,003255		0,048177		
				P1	P2	P3
				0,4189	0,5135	0,0676

20,75676				
----------	--	--	--	--

Таким образом, оптимальная смешанная стратегия игрока I:

$$p_I^* = (p_1^*; p_2^*; p_3^*) = (0,4189; 0,5135; 0,0676)$$

Решим двойственную задачу. Во избежание возможных ошибок расположим данные для ее решения на отдельном рабочем листе Excel (Рис.4.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Коэффициенты								
3		24	19	14		U1			Q1=U1*γ	
4		20	22	16		U2			Q2=U2*γ	
5		18	24	20		U3			Q3=U3*γ	
6		21	20	25		U4			Q4=U4*γ	
7	Ограничения									
8		≤	≤	≤						
9		1	1	1						
10										
11						ЦФ				
12										
13										
14		$\gamma = \frac{1}{f(u)_{\max}}$								
15										
16										
17										
18										

Рис. 4.2 Данные для решения двойственной задачи примера 1.

Ввод данных и формул производится аналогично предыдущему случаю.

Поиск решения дает ответ:

U□	0,0026	Q1=U1*□	0,0541	ЦФ
U□	0,0195	Q2=U2*□	0,4054	0,048177
U□	0,0000	Q3=U3*□	0,0000	□
U□	0,0260	Q4=U4*□	0,5405	20,75676

Таким образом, оптимальная смешанная стратегия игрока II есть:

$$q_{II}^* = (q_1^*; q_2^*; q_3^*; q_4^*) = (0,0541; 0,4054; 0; 0,5405)$$

Пример 2.

Торговое предприятие планирует продажу сезонных товаров с учетом возможных вариантов поведения покупательского спроса (P_1, P_2, P_3, P_4). Предприятием разработано три хозяйственных стратегии продажи товаров (A_1, A_2, A_3). Требуется найти оптимальное поведение торгового предприятия, пользуясь критериями Вальда, Гурвица (при $\lambda = 0,4$) и Сэвиджа, если

товарооборот, зависящий от стратегий предприятия и покупательского спроса представлен в виде следующей платежной матрицы.

$P_j \backslash A_i$	P_1	P_2	P_3	P_4
A1	280	140	210	245
A2	420	560	140	280
A3	245	315	350	490

Введем данные на рабочий лист в соответствии с Рис. 4.2. (а,б)

Рассмотрим вначале поиск оптимальных стратегий по критериям Вальда и Гурвица.

Критерий Вальда. Введем в ячейку F5 формулу для нахождения минимального значения строки 5 (=МИН(B5:E5)) и скопируем данную функцию в ячейки F6, F7. В ячейку F8 введем формулу для нахождения максимального из значений ячеек F5:F7 (=МАКС(F5:F7)). В ячейку F9 введем логическую функцию, позволяющую автоматизировать процесс поиска оптимальной стратегии по методу Вальда:

=ЕСЛИ(И(F5>F6;F5>F7);A5;ЕСЛИ(И(F6>F5;F6>F7);A6;A7)).

Критерий Гурвица. Введем в ячейку F15 формулу для нахождения произведения минимального из значений строки 15 на параметр λ (=МИН(B15:E15)*\$A\$22) и скопируем ее в ячейки F16, F17. В ячейку G15 введем формулу для расчета произведения максимального из значений ячеек строки 15 на $(1-\lambda)$ (=МАКС(B15:E15)*\$B\$22) и скопируем эту формулу в ячейки G16:G17.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Критерий Вальда							
2								
3	Стратегии	Покупательский спрос				$\min_j a_{ij}$		
4		П1	П2	П3	П4			
5	A1	280	140	210	245			
6	A2	420	560	140	280			
7	A3	245	315	350	490			
8			Выигрыш					
9			Оптимальная стратегия					
10								
11	Критерий Гурвица							
12								
13	Стратегии	Покупательский спрос				$S_1 = \lambda \cdot \min_j a_{ij}$	$S_2 = (1 - \lambda) \cdot \max_j a_{ij}$	$S = S_1 + S_2$
14		П1	П2	П3	П4			
15	A1	280	140	210	245			
16	A2	420	560	140	280			
17	A3	245	315	350	490			
18							Выигрыш	
19							Оптимальная стратегия	
20								
21	$\lambda =$	$1 - \lambda =$						
22	0,4	0,6						

Рис. 4.3. (а). Данные для решения примера 3 (критерии Вальда и Гурвица).

В ячейке H15 разместим формулу для суммы значений, находящихся в ячейках F15, G15 и скопируем ее в ячейки H16:H17. В ячейку H18 введем формулу для нахождения наибольшего из значений в ячейках H15:H17 (=МАКС(H15:H17)). В ячейку H19 введем логическую функцию =ЕСЛИ(И(H15>H16;H15>H17);A15;ЕСЛИ(И(H16>H15;H16>H17);A16;A17)).

Критерий Сэвиджа. Введем данные в соответствии с Рис. 4.(б).

Вначале рассчитаем и разместим в ячейках B38:E40 матрицу рисков. В ячейку B32 введем формулу =МАКС(B29:B31) и скопируем ее в ячейки C32:E32. Введем в ячейку B38 формулу =B\$32-B29 и скопируем эту формулу в диапазон ячеек B38:E40. В ячейку F38 введем формулу =МАКС(B38:E38) и скопируем ее в ячейки F39:F40.

	A	B	C	D	E	F
24	Критерий Сэвиджа					
25						
26						
27	Стратегии	Покупательский спрос				
28		п1	п2	п3	п4	
29	A1	280	140	210	245	
30	A2	420	560	140	280	
31	A3	245	315	350	490	
32	β_j					
33						
34						
35						
36	Стратегии	Покупательский спрос				r_i
37		п1	п2	п3	п4	
38	A1					
39	A2					
40	A3					
41			Риск предприятия Г =			
42			Оптимальная стратегия			

Рис. 4.4(б). Данные для решения примера 2 (критерий Сэвиджа).

В ячейку 41 введем формулу для расчета минимального риска =МИН(F38:F40), а в ячейку F42 – логическую функцию, имеющую следующий вид:

=ЕСЛИ(И(F38<F39;F38<F40);A38;ЕСЛИ(И(F39<F38;F39<F40);A39;A40))

Очевидно, данная логическая функция позволяет автоматизировать процесс выбора оптимальной стратегии при применении рассматриваемого критерия.

Результат поиска оптимальных стратегий по всем трем критериям приводится на следующей странице.

Характерной особенностью игровых методов теории принятия решений является относительная простота нахождения оптимальных стратегий выбора. Применительно к информационным технологиям на базе Excel это выражается в отсутствии необходимости использования пакета Поиск решения.

Таблица 4.5

Результат поиска оптимальных стратегий по всем трем критериям

Критерий Вальда							
Стратегии	Покупательский спрос						
	П1	П2	П3	П4			
A1	280	140	210	245	140		
A2	420	560	140	280	140		
A3	245	315	350	490	245		
		Выигрыш			245		
		Оптимальная стратегия			A3		
Критерий Гурвица							
Стратегии	Покупательский спрос						
	П1	П2	П3	П4			
A1	280	140	210	245	56	168	224
A2	420	560	140	280	56	336	392
A3	245	315	350	490	98	294	392
						Выигрыш	392
					Оптимальная стратегия		A3
0,4	0,6						
Критерий Сэвиджа							
Стратегии	Покупательский спрос						
	П1	П2	П3	П4			
A1	280	140	210	245			
A2	420	560	140	280			
A3	245	315	350	490			
$\square_j$	420	560	350	490			
Стратегии	Покупательский спрос						

	П1	П2	П3	П4			
A1	140	420	140	245	420		
A2	0	0	210	210	210		
A3	175	245	0	0	245		
		Риск предприятия $\Gamma =$			210		
		Оптимальная стратегия			A2		

Варианты для самостоятельного решения

1 Задание: Намечается крупномасштабное производство легковых автомобилей. Имеются четыре варианта проекта автомобиля R_j . Определена экономическая эффективность V_{ij} каждого проекта в зависимости от рентабельности производства. По истечении трех сроков S_i рассматриваются как некоторые состояния среды (природы). Значения экономической эффективности для различных проектов и состояний природы приведены в следующей табл. 4.6

Таблица 4.6

Значения экономической эффективности для различных проектов и состояний природы

Проекты		Состояние природы	
S_1		S_2	S_3
R_1	20	25	15
R_2	25	24	10
R_3	15	28	12
R_4	9	30	20

Требуется выбрать лучший проект легкового автомобиля для производства, используя критерий Вальда, Сэвиджа, Гурвица при коэффициенте пессимизма 0,1. Сравнить решения и сделать выводы.

2.Задание:Определите тип электростанции, которую необходимо построить для удовлетворения энергетических потребностей комплекса крупных промышленных предприятий. Множество возможных стратегий в задаче включает следующие параметры:

- R_1 – сооружается гидростанция;
- R_2 – сооружается теплостанция;
- R_3 – сооружается атомная станция.

Экономическая эффективность сооружения электростанции зависит от влияния случайных факторов, образующих множество состояний природы S_i . Результаты расчета экономической эффективности приведены в следующей табл. 4.7

Таблица 4.7

Результаты расчета экономической эффективности

Тип станции		Состояние природы			
S_1		S_2	S_3	S_4	S_5
R_1	40	70	30	25	45
R_2	60	50	45	20	30
R_3	50	30	40	35	60

3.Задание: Фирма рассматривает вопрос о строительстве станции технического обслуживания (СТО) автомобилей. Составлена смета расходов на строительство станции с различным количеством обслуживаемых автомобилей, а также рассчитан ожидаемый доход в зависимости от удовлетворения прогнозируемого спроса на предлагаемые услуги СТО (прогнозируемое количество обслуженных автомобилей в действительности). В зависимости от принятого решения проектного количества обслуживаемых автомобилей в сутки (проект СТО) R_j и величины прогнозируемого спроса на услуги СТО, построена табл. 4.8 ежегодных финансовых результатов (доход ден.ед.):

Таблица 4.8

Ежегодные финансовые результаты (доход ден.ед.)

Проекты СТО			Прогнозируемая величина удовлетворяемости спроса			
1	10	20	30		40	50
22	-120	60	240	250	250	250
33	-160	15	190	380	390	390
44	-210	-30	150	330	500	500
55	-270	-80	100	280	470	680

Определите наилучший проект СТО с использованием критериев Вальда, Сэвиджа, Гурвица при коэффициенте пессимизма 0,5.

4.Задание: Дана следующая матрица выигрышей:

$$A = \begin{pmatrix} & П1 & П2 & П3 & П4 \\ A1 & 20 & 30 & 15 & 15 \\ A2 & 75 & 20 & 35 & 20 \\ A3 & 25 & 80 & 25 & 25 \\ A4 & 85 & 5 & 45 & 5 \end{pmatrix}$$

Определите оптимальную стратегию, используя критерии Вальда, Сэвиджа и Гурвица (коэффициент пессимизма равен 0,6).

Администрации театра нужно решить, сколько заказать программ для представлений. Стоимость заказа 200 ф. ст. плюс 30 пенсов за штуку. Программки продаются по 60 пенсов за штуку, и к тому же доход от рекламы составит дополнительные 300 ф. ст. Из прошлого опыта известна посещаемость театра (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Посещаемость	4000	4500	5000	5500	6000
Ее вероятность	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1

Ожидается, что 40% зрителей купят программки.

1. Используя критерии Вальда, Сэвиджа и Гурвица, определите, сколько программok должна заказать администрация театра.

2. Допустим, что рекламодатели увеличат сумму с 300 до 400 ф. ст., число посетителей будет больше 5250, к тому же спрос на программки будет полностью удовлетворен. Как это повлияет на рекомендации в п. 1?

6.Задание: Пекарня печет хлеб на продажу магазинам. Себестоимость одной булки составляет 30 пенсов, ее продают за 40 пенсов. В табл. 4.10 приведены данные о спросе за последние 50 дней:

Таблица 4.10

Спрос в день, тыс. шт.	10	12	14	16	18
Число дней	5	10	15	15	5

Если булка испечена, но не продана, то убытки составят 20 пенсов за штуку. Используя критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица (при коэффициентах: 0,4 – вероятность максимальной покупки, 0,6 – вероятность минимальной покупки), определите, сколько булок нужно выпекать в день.

7. Задание: Компания выбирает, какой вид продукции целесообразно производить. Имеются четыре вида продукции A_j . Определена прибыль от производства каждого вида продукции в зависимости от состояний экономической среды B_i . Значения прибыли для различных видов продукции и состояний природы приведены в следующей табл. 4.11.

Таблица 4.11

Значения прибыли для различных видов продукции и состояний природы

Вид продукции	Состояние экономической среды		
	B_1	B_2	B_3
A_1	40	52	45
A_2	58	45	89
A_3	45	36	65
A_4	36	89	45

Требуется выбрать лучший проект легкового автомобиля для производства, используя критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица при коэффициенте пессимизма 0,4. Сравнить решения и сделать выводы.

8.Задание:Компания «Kilgo» выпускает очень специфичный безалкогольный напиток, который упаковывается в 40-пинтовые бочки. Напиток готовится в течение недели, и каждый понедельник очередная партия готова к употреблению. Однако в одно из воскресений всю готовую к продаже партию пришлось выбросить. Секретный компонент, используемый для приготовления напитка, покупается в небольшой лаборатории, которая может производить каждую неделю в течение полугода (так налажено производство) только определенное количество этого компонента. Причем он должен быть использован в кратчайший срок. Переменные затраты на производство одной пинты напитка составляют 70 пенсов, продается она за 1,50 ф. ст. Однако компания предвидит, что срыв поставок приведет к потере части покупателей в долгосрочной перспективе, а следовательно, придется

снизить цену на 30 пенсов. За последние 50 недель каких-либо явных тенденций в спросе выявлено не было (табл. 4.12).

Таблица 4.12

Спрос на бочки в неделю	3	4	5	6	7
Число недель	5	10	15	10	10

Определите, что нужно предпринять, используя критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица при коэффициенте пессимизма 0,5. Сравнить решения и сделать выводы.

ТЕМА 5. МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В РЕШЕНИИ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПРОБЛЕМ

Теоретическая часть

Важно в анализе экономических явлений учитывать и социальную составляющую, которая трудно поддается количественному измерению. Изучение социальных процессов дает возможность включить их воздействие в конкретную модель хотя бы за счет качественных, если не количественных характеристик.

Таким образом, экономический субъект может прогнозировать, учитывать и использовать социальные сдвиги в структуре общества и его благосостоянии, возможности реализации семьи, коллектива, их участие в трудовой деятельности и прочие аспекты социальных процессов.

Математическая модель является абстрактным отображением реального процесса (явления) и в меру своей абстрактности может его характеризовать более или менее точно.

Методы формирования индивидуальных экспертных оценок, причем отдельный эксперт может использоваться: для получения информации типа интервью; свободная беседа, беседа по принципу вопрос-ответ; перекрестный допрос и др.

Методы формирования коллективных экспертных оценок, причем группа экспертов может использоваться: метод комиссий, метод мозговой атаки; метод суда и др.

- для проведения деловой игры;
- для разработки сценария;
- для построения дерева целей;

Метод парных сравнений

Метод предусматривает использование эксперта, который проводит оценку целей $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$. Согласно методу осуществляются парные сравнения целей во всех возможных сочетаниях. В каждой паре выделяется наиболее предпочтительная цель. И это предпочтение выражается с помощью оценки по какой-либо шкале. Обработка матрицы оценок позволяет найти веса целей, характеризующие их относительную важность.

Одна из возможных модификаций метода состоит в следующем:

- составляется матрица бинарных предпочтений, в которой предпочтение целей выражается с помощью булевых переменных;
- определяется цена каждой цели путем суммирования булевых переменных по соответствующей строке матрицы.

Метод предусматривает использование эксперта, который проводит оценку целей $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$.

Согласно методу осуществляются парные сравнения целей во всех возможных сочетаниях. В каждой паре выделяется наиболее предпочтительная цель. И это предпочтение выражается с помощью оценки

по какой-либо шкале. Обработка матрицы оценок позволяет найти веса целей, характеризующие их относительную важность.

Одна из возможных модификаций метода состоит в следующем:

- составляется матрица бинарных предпочтений, в которой предпочтение целей выражается с помощью булевых переменных;
- определяется цена каждой цели путем суммирования булевых переменных по соответствующей строке матрицы.

Составим матрицу бинарных предпочтений:

Таблица 5.1

Матрица бинарных предпочтений

Z_i/Z_j	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		1	1	1
Z_2	0		0	0
Z_3	0	1		1
Z_4	0	1	0	

Определим цену каждой цели (складываем по строкам): $C_1 = 3$; $C_2 = 0$; $C_3 = 2$; $C_4 = 1$.

Эти числа уже характеризуют важность объектов. Нормируем, т.к. этими числами неудобно пользоваться.

Исковые веса целей: $v_1 = 3/6 = 0,5$; $v_2 = 0$; $v_3 = 0,33$; $v_4 = 0,17$

Проверка: сумма v_i должна равняться 1.

Получаем, следовательно, порядок предпочтения целей: Z_1, Z_3, Z_4, Z_2

Метод предпочтения

Постановка задачи: пусть имеется m экспертов: $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_m$ и n целей: $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$. Каждый эксперт проводит оценку целей, пользуясь числами натурального ряда. Наиболее важной цели присваивается 1, менее важно -2 и т.д. В этих условиях веса целей определяются следующим образом:

Таблица 5.2

Матрица целей и оценки экспертов

$\mathcal{E}_j/Z_i$	Z_1	Z_2	...	Z_n
$\mathcal{E}_1$	k_{11}	k_{12}	...	k_{1n}
$\mathcal{E}_2$	k_{21}	k_{22}	...	k_{2n}
...	...	...	...	...
$\mathcal{E}_m$	k_{m1}	k_{m2}	...	k_{mn}

1. Составляется исходная матрица предпочтений:

$$1 \leq k_{ij} \leq n, (j=1, \dots, m; i=1, \dots, n) \quad (5.1)$$

2. Составляется модифицированная матрица предпочтений. С оценками:

$$K_{ij} = n - k_{ij}, (j=1, \dots, m; i=1, \dots, n) \quad (5.2)$$

3. Находятся суммарные оценки предпочтений по каждой цели:

$$k_{ij} = \sum k_{ij}, (i=1, \dots, n) \quad (5.3)$$

4. Вычисляются исходные веса целей:

$$\omega_i = K_i / \sum K_i, (i=1,...,n), \text{ где } \sum \omega_i = 1 \quad (5.4)$$

Пример: Найдем веса целей методом предпочтения для случая: $m = 2$ и $n = 6$ (т.е. 2 эксперта и 6 целей).

Таблица 5.3

Исходная матрица предпочтений:

$\mathcal{Z}_j/Z_i$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
$\mathcal{Z}_1$	1	3	2	6	5	4
$\mathcal{Z}_2$	2	4	1	5	6	3

Суммарные оценки предпочтения:

$$K_1 = 9; K_2 = 5; K_3 = 9;$$

$$K_4 = 1; K_5 = 1; K_6 = 5.$$

4. Искомые веса целей:

$$\omega_1 = 9 / \text{сумму всех оценок (30)} = 0,3; \omega_2 = 0,166; \omega_3 = 0,3; \omega_4 = 0,033; \omega_5 = 0,033; \omega_6 = 0,166$$

Ранжирование проектов методом парных сравнений

Пусть имеется m экспертов $\mathcal{Z}_1, \mathcal{Z}_2, \dots, \mathcal{Z}_m$ и n проектов $P_1, P_2, \dots, P_n$ подлежащих оценке. Для определенности будем считать, что 4 эксперта оценивают важность 4-х проектов P_1, P_2, P_3, P_4 . Рассмотрим метод экспертных оценок, позволяющий ранжировать проекты по их важности:

1. Эксперты осуществляют попарное сравнение проектов, оценивая их важность в долях единицы.

Таблица 5.4

Показатели оценки проектов экспертами

$\{\mathcal{Z}_j\}$	$\pi_1 \Leftrightarrow \pi_2$		$\pi_1 \Leftrightarrow \pi_3$		$\pi_1 \Leftrightarrow \pi_4$		$\pi_2 \Leftrightarrow \pi_3$		$\pi_2 \Leftrightarrow \pi_4$		$\pi_3 \Leftrightarrow \pi_4$	
$\mathcal{Z}_1$	0,4	0,6	0,65	0,35	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,3	0,6	0,4
$\mathcal{Z}_2$	0,3	0,7	0,55	0,45	0,6	0,4	0,7	0,3	0,6	0,4	0,6	0,4
$\mathcal{Z}_3$	0,4	0,6	0,5	0,5	0,7	0,3	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5
$\mathcal{Z}_4$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,7	0,3	0,7	0,3
Σ	1,6	2,4	2,2	1,8	2,4	1,6	2,4	1,6	2,6	1,4	2,4	1,6

Находятся оценки, характеризующие предпочтение одного из проектов над всеми прочими проектами

$$f^{(1)} = 1,6 + 2,2 + 2,4 = 6,2,$$

$$f^{(2)} = 2,4 + 2,4 + 2,6 = 7,4,$$

$$f^{(3)} = 1,8 + 1,6 + 2,4 = 5,8,$$

$$f^{(4)} = 1,6 + 1,4 + 1,6 = 4,6.$$

3. Вычисляются веса проектов:

$$\omega_1 = 6,2 / 24 = 0,26; \omega_2 = 0,31; \omega_3 = 0,24; \omega_4 = 0,19.$$

4. Полученные веса позволяют ранжировать проекты по их важности

P_2, P_1, P_3, P_4 – результат решения.

Если имеется группа лиц, то можно опросить каждого из экспертов, предложив им расположить цели по важности или «проранжировать» их.

Результаты экспертной оценки в нашем примере представим таблицей рангов целей:

Вопросы для закрепления знаний

1. В каких случаях применяется экспертный метод?
2. Перечислите методы формирования экспертных оценок.
3. Что изучается методом парных сравнений?
4. Охарактеризуйте метод предпочтений.
5. Как ранжируются проекты методом парных сравнений?
6. Что такое модифицированная матрица предпочтений?
7. Что такое матрица бинарных предпочтений?
8. Как составляется исходная матрица предпочтений?
9. Как вычисляются исходные веса целей?
10. Охарактеризуйте области применения экспертных оценок.

Варианты для самостоятельного решения

1.Задание: В результате эффективного использования иностранных инвестиций и грамотной политики предприятие получило значительную прибыль.

Руководитель и инвесторы утвердили эксперта для решения проблемы выбора объекта, которому будут выделены средства на развитие. Эксперту предложены следующие цели:

1. Строительство ФОК для сотрудников на территории предприятия;
2. Заказ проекта корпоративного сайта;
3. Инвестирование крупного строительного проекта;

Таблица 5.5

Оценки эксперта предложенных целей

Z_i/Z_j	Z_1	Z_2	Z_3
Z_1		0	1
Z_2	1		1
Z_3	0	0	

где $Z_{1,2,3,4}$ – проекты

Определить наилучшую альтернативу.

2.Задание: За перевыполнение плана руководство компании хочет наградить работников. Для этого эксперту поручено определить наиболее удачный вариант решения вопроса:

- 1) выдать разовую прибыль;
- 2) устроить корпоративную вечеринку;
- 3) дать оплачиваемый отпуск;
- 4) увеличить зарплату;

Таблица 5.6

Оценки эксперта предложенных целей

Z_i/Z_j	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		1	1	1
Z_2	0		0	0

Z_3	0	1		1
Z_4	0	1	0	

3.Задание: За отличную учебу родители решили поощрить своих детей. Для этого они пригласили 4 экспертов, для выбора наилучшего варианта:

- 1) увеличение карманных денег;
- 2) путевку в санаторий;
- 3) разрешить гулять до 23:00;

Таблица 5.7

Оценки экспертов предложенных вариантов

Z_i/Z_j	Z_1	Z_2	Z_3
Z_1		1	1
Z_2	0		0
Z_3	0	1	

4.Задание:Руководство университета решило поспособствовать культурному обогащению учащихся.

Для этого руководство пригласило 3 экспертов, для выбора наилучшей альтернативы из предложенных:

- 1) бесплатные билеты в театр;
- 2) бесплатные билеты на выставку;
- 3) бесплатные билеты в кино;

Таблица 5.8

Оценки экспертов предложенных вариантов

Z_i/Z_j	Z_1	Z_2	Z_3
Z_1		1	1
Z_2	0		1
Z_3	0	0	

5.Задание:Группа экспертов из 3-х человек проводит оценку четырех вариантов по строительству торгового центра:

- 1) достроить одноэтажное неиспользуемое помещение в центральном районе города;
- 2) построить новый супермаркет, требующий крупных капиталовложений, с выгодным расположением;
- 3) построить супермаркет за чертой города, с небольшими затратами;
- 4) построить торговый центр на окраине города, район оснащен развитой транспортной сетью и паркингом;

Таблица 5.9

Оценки экспертов проектов

$\mathcal{Z}_i/Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
$\mathcal{Z}_1$	4	2	3	1
$\mathcal{Z}_2$	3	1	4	2
$\mathcal{Z}_3$	1	4	2	3

где $\mathcal{Z}_{1,2,3}$ – эксперты, $Z_{1,2,3,4}$ – проекты.

Найти оптимальный вариант проекта.

6.Задание:Группа экспертов из 3-х человек проводит оценку четырех вариантов по строительству торгового центра:

- 1) достроить одноэтажное неиспользуемое помещение в центральном районе города;
- 2) построить новый супермаркет, требующий крупных капиталовложений, с выгодным расположением;
- 3) построить супермаркет за чертой города, с небольшими затратами;
- 4) построить торговый центр на окраине города, район оснащен развитой транспортной сетью и паркингом;

Таблица 5.10

Оценки экспертов проектов

$\mathcal{E}_i/Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
$\mathcal{E}_1$	4	2	3	1
$\mathcal{E}_2$	3	1	4	2
$\mathcal{E}_3$	1	4	2	3

где $\mathcal{E}_{1,2,3}$ – эксперты, $Z_{1,2,3,4}$ – проекты.

Найти оптимальный вариант проекта.

7 Задание:Собрана группа экспертов в составе 3-х человек для выбора объекта инвестирования. Были предложены варианты:

- 1) Минский автомобильный завод;
- 2) Минский завод холодильников «Атлант»;
- 3) Кондитерская фабрика «Витьба»;
- 4) ОАО «Нафтан»;
- 5) «Белкоммунмаш»;
- 6) Минская швейная фабрика «Элема»;

Таблица 5.11

Оценки экспертов прибыльности предприятий

$\mathcal{E}_i/Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
$\mathcal{E}_1$	1	5	4	2	6	3
$\mathcal{E}_2$	3	4	1	6	5	2
$\mathcal{E}_3$	5	2	4	6	3	1

где $\mathcal{E}_{1,2,3}$ – эксперты, $Z_{1,2,3,4,5,6}$ – проекты.

Определить наиболее перспективный объект инвестирования.

8.Задание:Анализ результатов экономической деятельности предприятия показал его неспособность функционировать на рынке. Пригласили 4-х экспертов для помощи руководству принять решение о выходе из сложившейся ситуации. Рассматриваются следующие варианты:

- 1) Ликвидировать предприятие;
- 2) Выставить на продажу;
- 3) Объявить банкротом;
- 4) Провести санацию;

Таблица 5.12

Оценки экспертов предложенных вариантов

$\mathcal{Z}_i/\mathcal{Z}_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
$\mathcal{Z}_1$	2	3	4	1
$\mathcal{Z}_2$	3	1	2	4
$\mathcal{Z}_3$	1	4	3	2
$\mathcal{Z}_4$	1	3	4	2

где $\mathcal{Z}_{1,2,3,4}$ – эксперты, $Z_{1,2,3,4}$ – проекты.

Выяснить оптимальный путь дальнейшего развития предприятия.

9.Задание:Для решения проблемы, связанной с невозможностью предоставления жилья иногородним студентам была создана группа экспертов из 4-х человек.

Предложено несколько альтернатив:

- 1) Построить новое общежитие;
- 2) Снять многоквартирный дом и частично оплачивать жилье;
- 3) Назначить доплату незаселенным студентам;

Таблица 5.13

Оценки экспертов предложенных альтернатив

$\mathcal{Z}_i/\mathcal{Z}_j$	Z_1	Z_2	Z_3
$\mathcal{Z}_1$	1	2	3
$\mathcal{Z}_2$	2	1	3
$\mathcal{Z}_3$	2	3	1
$\mathcal{Z}_4$	3	2	1
$\mathcal{Z}_5$	3	1	2
$\mathcal{Z}_6$	1	2	3

где $\mathcal{Z}_{1,2,3,4,5,6}$ – эксперты, $Z_{1,2,3}$ – проекты.

Определить наилучшую альтернативу.

10.Задание:Правительство приняло решение выделить денежные средства из бюджета наиболее важному социальному объекту. Для выделения самого приоритетного была создана комиссия из 5-и экспертов и рассмотрены предложенные варианты:

- 1) Разбить парк отдыха;
- 2) Построить теннисные корты;
- 3) Построить телебашню;
- 4) Реконструировать центральную площадь;
- 5) Построить библиотеку;

Таблица 5.14

Оценки экспертов предложенных объектов

$\mathcal{Z}_i/\mathcal{Z}_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
$\mathcal{Z}_1$	1	3	2	5	4
$\mathcal{Z}_2$	2	3	1	4	5
$\mathcal{Z}_3$	4	2	1	3	5
$\mathcal{Z}_4$	3	5	2	1	4

$\mathcal{E}_5$	1	4	2	3	5
-----------------	---	---	---	---	---

где $\mathcal{E}_{1,2,3,4,5}$ – эксперты, $Z_{1,2,3,4,5}$ – проекты.

Определить наилучшую альтернативу.

11.Задание:Для распространения информации об услугах и продукции лаборатории и дополнительной рекламы группа из 3-х экспертов группа экспертов из отдела маркетинга должны оценить наиболее эффективный вариант мероприятия:

- 1) заказ мультимедиа презентации;
- 2) выпуск периодического печатного издания;
- 3) выпуск ежегодных каталогов услуг;
- 4) создание корпоративного сайта;

Таблица 5.15

Оценки экспертов проектов

$\mathcal{E}_i/Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
$\mathcal{E}_1$	3	2	4	1
$\mathcal{E}_2$	1	4	3	2
$\mathcal{E}_3$	2	3	4	1

где $\mathcal{E}_{1,2,3}$ – эксперты, $Z_{1,2,3,4}$ – проекты.

Найти наиболее эффективный и выгодный вариант рекламной акции.

12.Задание:Правительством республики Узбекистан были сформулированы некоторые предложения, направленные на развитие экономики, укрепление финансовой стабильности в стране.

Группа экспертов созвана для выбора наиболее важного курса проведения реформ:

- 1) стимулирование динамичного экономического роста;
- 2) реструктуризация в сельском хозяйстве;
- 3) формирование эффективной финансовой системы;
- 4) интеграция в мировые экономические системы;
- 5) развитие всех форм собственности;

Таблица 5.16

Оценки экспертов предложенных объектов

$\mathcal{E}_i/Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
$\mathcal{E}_1$	3	5	2	1	4
$\mathcal{E}_2$	2	3	1	4	5
$\mathcal{E}_3$	4	2	1	3	5
$\mathcal{E}_4$	3	5	2	1	4
$\mathcal{E}_5$	1	4	2	3	5

где $\mathcal{E}_{1,2,3,4,5}$ – эксперты, $Z_{1,2,3,4,5}$ – проекты.

Определить наиболее необходимый курс реформирования.

13.Задание:Группе экспертов необходимо определить вариант нового закона, вводимого для поддержки начинающих частных предпринимателей.

Были представлены следующие варианты проектов:

- 1) Предоставление льготных условий на получение кредита (льготный процент, значительная отсрочка погашения займа);
- 2) Не облагать предприятие налогами в течение 2-х лет;
- 3) Не облагать налогами на прибыль в течение 5 лет;

Таблица 5.17

Оценки экспертов предложенных законопроектов

$\mathcal{Z}_i/\mathcal{Z}_j$	Z_1	Z_2	Z_3
$\mathcal{Z}_1$	1	2	3
$\mathcal{Z}_2$	2	1	3
$\mathcal{Z}_3$	2	3	1
$\mathcal{Z}_4$	3	2	1
$\mathcal{Z}_5$	3	1	2
$\mathcal{Z}_6$	1	2	3

где $\mathcal{Z}_{1,2,3,4,5,6}$ – эксперты, $Z_{1,2,3}$ – проекты.

Определить наилучшую альтернативу.

ТЕМА 6. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Теоретическая часть

Государственное регулирование социально-экономических систем в различных его формах, как валютная политика, налогообложение, монетарная и банковская системы влияют на конечные результаты функционирования систем. В частности, аспекты государственного регулирования систем через налогообложение; анализ его последствий на поведение системы; изменение поведения производителей при введении налогов.

Начнем с исследования изменения рыночного равновесия при введении акциза – налога, включаемого в цену товара (акциз может быть выборочным, т.е. применяться к определенной группе товаров, например, к алкогольной продукции, а может быть универсальными, взиматься со всех товаров, например, как налог с продаж).

Ставка акциза t определяется как доля цены товара, взимаемая в виде налога.

В общем случае потребительский спрос на некоторый товар зависит от большого числа факторов: цены данного товара, цен других товаров, сезона, дохода покупателя и т.д. Если считать все факторы, кроме цены p , неизменными, то полученную зависимость спроса D от цены p можно рассматривать как функцию спроса $D = D(p)$.

Акцизный налог

Может показаться, что бремя акцизов целиком ложится на потребителя, т.е. при введении акциза по ставке t цены возрастают в $1/(1-t)$ раз, так чтобы после взимания налогов производитель получил ту же выручку от продажи единицы товара, что и раньше:

$$(1-t) \frac{1}{1-t} p = p. \quad (6.1)$$

Это заблуждение, в чем позволяет убедиться следующий пример.

Функция предложения при акцизном налоге

Точно так же можно рассмотреть функцию предложения товара $S = S(p)$ зависимость количества товара S , предлагаемого к продаже производителями, от цены товара p , которая сложилась на рынке.

При этом равновесная цена p_0 определяется из условия равенства спроса и предложения:

$$S(p) = D(p) \quad (6.2)$$

При введении акциза по ставке t ($0; 1$) равновесие спроса и предложения изменится, новой равновесной ценой станет цена p^t , удовлетворяющая условию $S((1-t)p) = D(p)$, поскольку теперь при цене товара

p его стоимость для потребителя равна p , а выручка производителя от продажи единицы продукции равна $(1-t)p$.

Изменение рыночного равновесия при установлении акциза

На рынке некоторого товара функция предложения $S(p) = 2p - 2$, а функция спроса $D(p) = 10 - p$. Требуется определить, во сколько раз изменится равновесная цена товара, реализованный спрос и выручка производителя при введении акциза по ставке t ($0; 1$).

При расчете по формулам нужно использовать ставки акциза на уровне 1, 5, 20, 50 и 90%.

Решение. Вначале из условия спрос равен предложению найдем равновесную цену до введения акциза:

$$S(P_0) = D(P_0) \Rightarrow 2p - 2 = 10 - p \Rightarrow p_0 = 4 \text{ ден. ед.} \quad (6.3)$$

Теперь определим равновесную цену после введения налога:

$$S((1-t)p_t) = D(p_t) \Rightarrow 2 \cdot (1-t)p_t - 2 = 10 - p_t \rightarrow p_t = 12 / (3 - 2 \cdot t). \quad (6.4)$$

Очевидно, $p_t > p_0$, определим, во сколько раз:

$$\frac{p_t}{p_0} = \frac{12}{4(3-2 \cdot t)} = \frac{1}{1 - \frac{2}{3} \cdot t}. \quad (6.5)$$

Таким образом, в условиях рассматриваемого примера на потребителя ложится бремя оплаты двух третей введенного налога, а оставшуюся треть платит производитель.

Чтобы выяснить, на сколько процентов вырастает цена при введении акциза, преобразуем последнее выражение:

$$\frac{p_t}{p_0} = \frac{1}{1 - \frac{2}{3} \cdot t} = 1 + \frac{\frac{2}{3} \cdot t}{1 - \frac{2}{3} \cdot t}. \quad (6.6)$$

Отсюда следует, что введение акциза при ставке $t = 1\% = 0,01$ приводит к незначительному увеличению цены – на введение 5%-ного акциза приводит к увеличению цены на

$$\frac{\frac{2}{3} \cdot 0,01}{1 - \frac{2}{3} \cdot 0,01} = \frac{1}{149} = 0,7\% \quad (6.7)$$

для ставок, равных 20, 50 и 90%, получаем соответственно увеличение цены на 15,4, 50 и 150%.

Естественно, увеличение цены приводит к уменьшению объема реализованного спроса и предложения, и как следствие, к уменьшению

выручки производителя. До введения налога в точке равновесия реализовывался спрос

$$D(p_0) = 10 - p_0 = 6 \text{ ед} \quad (6.8)$$

с введением акциза спрос стал равен

$$D(p_t) = 10 - \frac{12}{1-2 \cdot t} = \frac{18-20 \cdot t}{3-2 \cdot t} \quad (6.9)$$

Воздействие акциза на спрос

Найдем отношение нового и старого значений спроса:

$$\frac{D(p_t)}{D(p_0)} = \frac{18-20 \cdot t}{6(3-2 \cdot t)} = \frac{9-10 \cdot t}{9-6 \cdot t} = 1 - \frac{4 \cdot t}{9-6 \cdot t}.$$

При ставке акциза $t = 1\%$ из последнего выражения следует, что спрос снижается на

$$\frac{4 \cdot 0,01}{9-6 \cdot 0,01} = \frac{0,04}{8,94} = 0,005 = 0,45\%.$$

Для ставок, равных 5, 20 и 50%, получаем соответственно снижение спроса на 2,3, 10,3 и 33,3%, а при 90%-ном акцизе в данном примере спрос полностью исчезает.

Выручка производителя при введении акциза.

Теперь посмотрим, как изменится выручка производителя при введении акциза. До введения акциза выручка равна:

$$p_0 \cdot D(p_0) = 4 \cdot 6 = 24 \text{ ден. ед.},$$

после введения акциза выручка (с учетом уплаты налога) изменяется до

$$(1-t)p_t \cdot D(p_t) = \frac{24 \cdot (1-t)(9-10 \cdot t)}{(3-2 \cdot t)^2}.$$

При этом

$$\frac{(1-t)p_t \cdot D(p_t)}{p_0 \cdot D(p_0)} = \frac{(1-t)(9-10 \cdot t)}{(3-2 \cdot t)^2} = 1 - \frac{t(7-6 \cdot t)}{(3-2 \cdot t)^2}.$$

Таким образом, при ставке акциза $t = 1\%$ выручка уменьшается на

$$\frac{0,01 \cdot (7-6 \cdot 0,01)}{(3-2 \cdot 0,01)^2} = 0,8\%.$$

для ставок, равных 5, 20 и 50%, получаем соответственно снижение выручки на 4,0, 17,2 и 50,0%. При 90%-ном акцизе в данном примере выручка будет равна нулю.

Налогообложение с точки зрения государства.

$$T(t) = t \cdot p_t \cdot D(p_t) \rightarrow \max, \quad (6.10)$$

$$S((1-t) \cdot p_t) = D(p_t), \quad (6.11)$$

$$p_t > 0,$$

$$0 < t < 1.$$

которую, учитывая конкретный вид функции спроса из условия примера $D(p) = 10 - p$, а также выражение для равновесной цены после введения акциза, преобразуем к виду

$$T(t) = t \cdot p_t \cdot D(10 - p_t) \rightarrow \max, \quad (6.13)$$

$$p_t = \frac{12}{3 - 2 \cdot t},$$

$$p_t > 0,$$

$$0 < t < 1.$$

Или максимизация налоговых поступлений

$$T(t) = t \cdot \frac{12}{3 - 2 \cdot t} \cdot \left(10 - \frac{12}{3 - 2 \cdot t} \right) = \frac{24 \cdot t(9 - 10 \cdot t)}{(3 - 2 \cdot t)^2} \rightarrow \max,$$

$$0 < t < 1.$$

Вычисляем производную:

$$T'_t = \frac{72 \cdot t(9 - 10 \cdot t)}{(3 - 2 \cdot t)^3} \rightarrow \max,$$

$$0 < t < 1.$$

Это дает возможность определить точку максимума функции $T(t)$: $t^* = 9/14$. Поскольку данная точка глобального максимума принадлежит интервалу $(0; 1)$, значение $t^* = 9/14 = 64\%$ и является решением задачи.

При такой ставке акциза равновесная цена равна:

$$p'(t) = \frac{12}{3 - 2 \cdot \frac{9}{14}} = 7,$$

это на 75% выше, чем на рынке без акциза; равновесный спрос составляет $D(p^*) = 10 - 7 = 3$ ед. – это в два раза меньше, чем на рынке без акциза.

При этом налоговые поступления составляют

$$T'(t) = t' \cdot p'(10 - p') = \frac{9}{14} \cdot 7 \cdot 3 = \frac{27}{2} = 13,5 \text{ ден. ед.}$$

а выручка

$$(1 - t') \cdot p' \cdot D(p') = \left(1 - \frac{9}{14} \right) \cdot 7 \cdot 3 = \frac{15}{2} = 7,5,$$

что на 69% меньше, чем до введения акциза.

Выбор производителя после введения акциза

Посмотрим теперь, как введение акциза повлияет на оптимальное решение задачи производителя. После введения акциза (по ставке t) выражение для прибыли производителя изменится по сравнению с

$$PR(K, L) = F(K, L) - p_K \cdot K - p_L \cdot L \rightarrow \max, \quad (6.14)$$

$$PR(K, L) = (1 - t) \cdot F(K, L) - p_K \cdot K - p_L \cdot L \rightarrow \max \quad (6.15)$$

Запишем необходимые условия максимума прибыли:

$$\frac{\partial PR(K, L)}{\partial K} = 0 \rightarrow (1 - t) \cdot \frac{\partial F(K, L)}{\partial K} = p_K,$$

$$\frac{\partial PR(K, L)}{\partial L} = 0 \rightarrow (1 - t) \cdot \frac{\partial F(K, L)}{\partial L} = p_L \quad (6.16)$$

У неоклассических производственных функций первые производные положительны, а вторые – отрицательны, поэтому $\partial F(K, L) / \partial K$ и $\partial F(K, L) / \partial L$ – положительные убывающие функции.

Отсюда следует, что максимум прибыли при наличии акциза достигается при меньших затратах и труда, и капитала, и как следствие, при меньших объемах производства.

Перейдем теперь к рассмотрению налога на прибыль. Поскольку налог на прибыль не изменяет условие рыночного равновесия, он не изменяет равновесных рыночных цен, значений спроса и предложения.

Таким образом, между акцизом и налогом на прибыль есть существенные различия. В отличие от налога на прибыль, который является только инструментом перераспределения части доходов от успешных производителей в пользу государства, акциз является также инструментом рыночного регулирования, позволяя не только перераспределять доходы, но и регулировать объемы производства товаров.

Вопросы для закрепления знаний.

1. Как происходит изменение функции предложения при введении акцизного налога?
2. Как влияет налогообложение на поведение системы?
3. Изменяется ли рыночное равновесие при установлении акцизного налога?
4. Как изменяется выручка производителя при введении акцизного налога?
5. Как определяется ставка акцизного налога? Каковы формы государственного регулирования социально-экономических систем?
6. Какова функция предложения при акцизном налоге?
7. Что такой акцизный налог и его роль в налогообложении?
8. Как проходит изменение рыночного равновесия при установлении акциза?
9. Как изменяется спрос при введении акцизного налога?
10. Объясните налогообложение с точки зрения государства.
11. Как рассчитывают максимизацию поступления налогов.

Задания для самостоятельных работ

1.Задание: Рынок товара А представлен следующими функциями спроса и предложения:

$$Q_D = 400 - 10 \cdot p,$$

$$Q_S = -500 + 20 \cdot p.$$

Определите, какую максимальную сумму налога можно собрать с этого рынка путем взимания акциза с каждой проданной единицы товара А?

Решение.

Найдём первоначальное равновесие на рынке. Приравняем функции спроса и предложения:

$$\begin{aligned} Q_D &= Q_S, \\ 400 - 10 \cdot p &= -500 + 20 \cdot p, \\ 30 \cdot p &= 900, \end{aligned}$$

отсюда равновесная цена

$$p_E = 30,$$

а равновесный объем

$$Q_e = 400 - 10 \cdot 30 = 100.$$

Изобразим ситуацию графически. Найдём координаты точек пересечения графиков функций с осью ординат.

При $Q = 0$ функция спроса пересекает ось ординат в точке A .

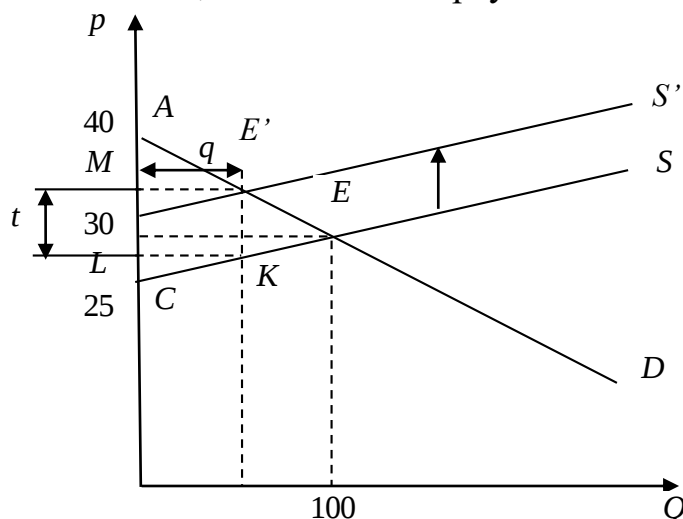
$$\begin{aligned} 400 - 10 \cdot p &= 0, \\ p &= 40. \end{aligned}$$

При $Q = 0$ функция предложения пересекает ось ординат в точке C :

$$\begin{aligned} -500 + 20 \cdot p &= 0, \\ p &= 25. \end{aligned}$$

Если государство будет взимать акциз с каждой проданной единицы товара A , то кривая предложения сдвинется вверх на величину акциза в положение S' .

Графически сумма налоговых сборов будет представлена площадью прямоугольника $ME'KL$, вписанного в треугольник AEC .



Чтобы найти максимальную сумму налога, необходимо найти функцию площади прямоугольника и решить задачу на максимум функции.

Высота треугольника AEC равна 100, а основание $(40 - 25) = 15$

Пусть t , q – длины сторон прямоугольника.

Боковая сторона прямоугольника KE' отсекает $\triangle KE'E$, подобный данному $\triangle AEC$.

Высоты в этих треугольниках пропорциональны основаниям, поэтому можно записать:

$$\frac{100-q}{100} = \frac{t}{15}$$

Отсюда находим t :

$$t = \frac{(100-q) \cdot 15}{100} = \frac{1500 - 15 \cdot q}{100}.$$

Площадь искомого прямоугольника $ME'KL$:

$$S = t \cdot q = \frac{1500 - 15 \cdot q}{100} \cdot q = 15 \cdot q - 0,15 \cdot q^2.$$

Найдём максимум этой функции. Для этого определим её производную и приравняем её к нулю.

$$\begin{aligned} S' &= 0, \\ 15 - 2 \cdot 0,15 \cdot q &= 0, \\ 15 &= 2 \cdot 0,15 \cdot q, \\ q &= 50. \end{aligned}$$

Тогда наибольшее значение функции S при $q = 50$, равно:

$$S = 15 \cdot 50 - 0,15 \cdot 50^2 = 375.$$

Акциз при этом будет равен:

$$t = \frac{S}{q} = \frac{375}{50} = 7,5$$

Итак, максимальная сумма налоговых сборов равна 375, при акцизе 7,5 с каждой проданной единицы товара.

2.Задание: До введения налога функция предложения описывалась уравнением:

$$Q_s = -500 + 25 \cdot p.,$$

где P – цена в тысячах суммах.

Ввести функции предложения, если:

- а) введён только потоварный налог, равный 2 тыс. сум, взимаемый с каждой проданной единицы продукции;
- б) введён только налог с продаж в размере 5% к цене проданных товаров;
- в) введён только налог на производителей в сумме 15% от выручки;
- г) введены все три налога одновременно;
- д) увеличен подоходный налог на 10%.

3.Задание: Предложение товара A описывается уравнением

$$Q_s = 10 + 0,5 \cdot p.$$

Равновесная цена установилась на уровне 40 ден. ед. Введен налог на товар A в размере 10 ден. ед. за 1 шт. товара.

Определите новые параметры равновесия на рынке, зная, что ценовая эластичность спроса на этом участке (- 2), а функция спроса – линейна; как распределилось налоговое бремя; размер потерь "мертвого груза".

4.Задание: Функция спроса населения на данный товар имеет вид:

$$Q_D = 14 - 2 \cdot p,$$

Функция предложения данного товара:

$$Q_s = -4 + 2 \cdot p.$$

Определить ставку налога, при которой равновесный объём продаж составит 2 единицы.

5.Задание:Функция спроса населения на данный товар имеет вид:

$$Q_D = 8 - p,$$

функция предложения данного товара:

$$Q_s = -4 + 2 \cdot p.$$

Предположим, что на данный товар введён налог, уплачиваемый продавцом в размере 1,5 ден. ед. за штуку.

Определить общую сумму налогового сбора.

6.Задание:Функции спроса и предложения на рынке

$$Q_D = 600 - 25p,$$

$$Q_s = 100 + 100 \cdot p.$$

Пусть введен потоварный налог, уплачиваемый производителем, в 2,5 денежных единицы на единицу товара.

Определить:

- равновесную цену и равновесное количество товара после введения налога;

- изменение излишков потребителя и производителя;
- сумму налоговых выплат, получаемую государством
- чистые потери общества.

Какую часть налога производитель будет перекладывать на потребителя?

Решение проиллюстрировать графиком.

7.Задание:Функции спроса и предложения заданы следующим образом:

$$Q_D = 12 - 3p,$$

$$Q_s = 3 \cdot p.$$

а) найти равновесный объем спроса и предложения, равновесную цену. Построить графики. Найти значение эластичности функций спроса и предложения в данной точке.

б) Показать качественно, что произойдет с равновесным объемом спроса, предложения и ценой при:

- повышении цены на дополняющий товар;
- снижении НДС;
- уменьшении стоимости денежной единицы;
- какова доля НДС=1, падающая на потребителя и производителя

8.Задание:Дана функция общих экономических издержек $TC(Q)$ совершенно конкурентной фирмы.

Q, ед. продукции	0	1	2	3	4	5	6
ТС, ден. ед.	10	15	18	22	28	36	46

Введен налог на продукцию в размере 2 ден. ед. продукции. Рыночная цена продукции $p = 10$ ден. ед. продукции. Определить:

- изменение прибыли при введении налога;
- максимальный налог, при котором фирма будет работать в долгосрочном периоде;
- налог, при котором фирма будет вынуждена закрыть производство немедленно;
- изменение объема производства и прибыли при введении постоянного (неизменного при любом объеме производства) налога $H=2$ ден. ед.;
- то же при введении налога на прибыль: $\Pi_p = 20\%$ прибыли.

9.Задание:Спрос и предложение заданы функциями:

$$Q_D = 100 - p,$$

$$Q_S = 2 \cdot p - 50.$$

Государство вводит 10% -й налог с продаж.

К каким последствиям это приведет?

10.Задание: Функция спроса на данный товар:

$$Q_D = 8 - p,$$

функция предложения данного товара:

$$Q_S = -4 + 2 \cdot p.$$

Определить равновесную цену и равновесный объем продаж, предположим, на данный товар введен налог в размере 30% от цены, уплачиваемой покупателем. Определить равновесную цену с учетом налога, равновесный объем продаж.

ТЕМА 7. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В МИКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Теоретическая часть

В анализе экономического состояния экономических систем применяется расчленение проблемы, или ситуации на более мелкие вопросы. Это позволяет применить к исследованию логическую процедуру, которая представляет собой моделирование. В частности, этот метод применим к микроэкономическим системам, которые, в числе прочих, формируют общественно-экономическую систему, что в конечном счете позволяет понять факторы, определяющие общественное сознание и состояние производственных сил, институциональную основу данного общества.

Моделирование микроэкономическим систем является важной частью математических методов в экономике, которые позволяют выявить степень воздействия социальных процессов на экономические.

В построении математической модели можно выделить следующие моменты:

1. Выбор неизвестных величин $X = (x_1, \dots, x_n)$, воздействуя на которые можно изменять поведение изучаемого процесса. Их называют переменными, управляемыми параметрами, планом, стратегией и т.д.

2. Необходимо выделить цель (максимизация прибыли, минимизация затрат и др.) функционирования изучаемого процесса и записать ее в виде математической функции от выбранных переменных. Такая функция называется целевой (функция цели, критерий оптимальности, критерий качества, показатель эффективности и т.д.) и позволяет, изменяя значения управляемых параметров $x_1, \dots, x_n$, выбрать наилучший вариант из множества возможных. Будем обозначать функцию цели $Z = f(X)$.

3. Запись в виде математических соотношений (уравнений, неравенств) условий, налагаемых на переменные. Эти соотношения называют ограничениями, они могут вытекать, например, из ограниченности ресурсов. Совокупность всех ограничений составляет область допустимых решений (ОДР). Будем обозначать ее буквой $D (X \in D)$.

1. Общей задачей линейного программирования называется задача, которая состоит в определении максимального (минимального) значения функции

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (7.1)$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = \overline{1, k}; \quad k \leq m, \quad (7.2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = \overline{k+1, m}, \quad (7.3)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, s}; \quad s \leq n. \quad (7.4)$$

Функция (1) называется целевой функцией (или линейной формой) задачи (1) – (4), а условия (2)–(3) – ограничениями данной задачи.

2.Стандартной (или симметричной) задачей линейного программирования называется задача, которая состоит в определении максимального для « $\leq$ » (минимального для « $\geq$ ») значения целевой функции при выполнении условий или ограничений задачи, где $k = m, s = n$.

3.Канонической (или основной) задачей линейного программирования называется задача, которая состоит в определении максимального (минимального) значения целевой функции при выполнении условий (2) - (4), где $k = 0, s = n$.

Таблица 7.1

Виды моделирования микроэкономических систем

Каноническая (основная) форма	Стандартная (симметричная) форма	Общая форма
1) ограничения		
Уравнения $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = \overline{1, m}$	Неравенства $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq (\geq) b_i, \quad i = \overline{1, m}$	Уравнения и неравенств $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_i, \quad i = \overline{1, m}$
2) условия неотрицательности		
Все переменные $x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}$	Все переменные $x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}$	Часть переменных $x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, s}, \quad s \leq n$
3) цель задачи $F(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$		
$\max F(x)$ или $\min F(x)$	$\max F(x)$ или $\min[F(x)]$	$\max F(x)$ или $\min F(x)$

Замечание. $\max F(x) = -\min[-F(x)], \quad \min F(x) = -\max[-F(x)]$.

Модели стратегического планирования в микроэкономических системах

1. Экономико-математическая модель оптимизации производственного плана отрасли:

$$F = \sum_{k=1}^l R_k \cdot X_k \rightarrow \max \quad (7.5)$$

$$\sum_{k=1}^l b_{sk} \cdot x_k \leq B_s, \quad k = \overline{1, l}, \quad s = \overline{1, m} \quad (7.6)$$

$$h_k \leq x_k \leq q_k, \\ x_k \geq 0$$

где k - вид, номер производимой продукции;

l - число видов продукции;

s - вид выделяемых ресурсов;

m - число видов выделяемых ресурсов;

R_k - прибыль от реализации единицы продукции k ;

x_k - объем (количество) изделий k ;
 b_{sk} - норма потребления ресурсов вида s при производстве единицы продукции вида k ;
 B_s - объём выделяемых ресурсов вида s ;
 h_k, q_k - нижняя и верхняя граница, соответствующая производству продукции вида k .

2. Экономико-математическая модель оптимизации выпуска продукции предприятиями отрасли:

$$F = \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^l R_{ki} \cdot x_{ki} \rightarrow \max \quad (7.7)$$

$$\sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^l b_{ski} \cdot x_{ki} \leq B_{si}, \quad k = \overline{1, l}, \quad s = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (7.8)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^l x_{ki} &\leq A_k, \\ h_{ki} &\leq x_{ki} \leq q_{ki}, \\ x_{ki} &\geq 0 \end{aligned} \quad (7.9)$$

где k - вид, номер производимой продукции;
 l - число видов продукции;
 s - вид выделяемых ресурсов;
 m - число видов выделяемых ресурсов;
 R_{ki} - прибыль от реализации единицы продукции k на предприятии i ;
 x_{ki} - объем (количество) изделий k на предприятии i ;
 A_k - план выпуска продукции вида k ;
 b_{ski} - норма потребления ресурсов вида s при производстве единицы продукции вида k на предприятии i ;
 B_{si} - объём выделяемых ресурсов вида s предприятий i ;
 h_k, q_k - нижняя и верхняя граница, соответствующая производству продукции вида k на предприятии i

3. Экономико-математическая модель распределения капитальных вложений по проектам:

$$F = \sum_{j=1}^s R_j \cdot x_j \rightarrow \max ,$$

$$\sum_{j=1}^s x_j \leq N,$$

$$\sum_{i=1}^s k_j \cdot x_j \leq M, \quad (7.10)$$

$$x_j \geq 0,$$

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{проект принят,} \\ 0, & \text{проект отвергнут.} \end{cases}$$

где j - вариант (индекс) капитальных вложений проекта;

S - общее число проектов;

k_j - объём капитальных вложений по варианту j ;

M - суммарный годовой объём капитальных вложений;

R_j - ожидаемый доход от реализации варианта j капитальных вложений;

N - общее число вариантов капитальных вложений;

x_j - вариант (проект) капитальных вложений.

4. Экономико-математическая модель выбора оптимального рациона питания:

$$F = \sum_{k=1}^l C_k \cdot x_k \rightarrow \min ,$$

$$\sum_{k=1}^l a_{sk} \cdot x_k \leq A_s, \quad k = \overline{1, l}; \quad s = \overline{1, m} \quad (7.11)$$

$$K = 1;$$

$$X_k \geq 0 .$$

где k - вид корма;

l - число видов корма;

s - вид питательных веществ;

m - число питательных веществ;

C_k - стоимость единицы корма вида k ;

X_k - количество корма вида k ;

a_{sk} - количество питательных веществ s в единице веса корма вида k ;

A_s - минимальное количество питательных веществ вида s .

Таким образом, экономико-математическое моделирование работы предприятия, фирмы должно быть основано на анализе его деятельности и, в свою очередь, обогащать этот анализ результатами и выводами, полученными после решения соответствующих задач.

Вопросы для закрепления знаний

1. Дайте определение экономико-математической модели.
2. Из каких элементов состоит экономико-математическая модель.
3. В каких отраслях можно использовать экономико-математическую модель при решении задач.
4. Какие виды экономико-математических моделей вы знаете.
5. На чем основанно экономико-математическая модель предприятия.
6. Какими путями осуществляется моделирование или построение конечной факторной системы.

Методические указания к решению задач математического моделирования микросистем с использованием табличного процессора Excel

Для решения задач линейного программирования в Excel имеется надстройка Поиск решения. Если в меню **Сервис** отсутствует команда **Поиск решения**, значит, необходимо загрузить эту надстройку. Выберите команду **Сервис / Надстройки** и установите флажок **Поиск решения**.

Поиск решения - это надстройка EXCEL, которая позволяет решать оптимизационные задачи.

Для того чтобы решить задачу линейного программирования в Excel, необходимо выполнить следующие действия.

1. Ввести условие задачи:

а) создать экранную форму для ввода условий задачи:

- переменных,
- целевой функции (ЦФ),
- ограничений;

б) ввести исходные данные в экранную форму:

- коэффициенты целевой функции,
- коэффициенты при переменных в ограничениях,
- правые части ограничений;

с) ввести зависимости из математической модели в экранную форму:

- формулу для расчета целевой функции,
- формулы для расчета значений левых частей ограничений;

д) задать целевую функцию (в окне **Поиск решения**):

- целевую ячейку,
- направление оптимизации целевой функции;

е) ввести ограничения (в окне **Поиск решения**):

- ячейки со значениями переменных,
- соотношения между правыми и левыми частями ограничений.

2. Решить задачу:

а) установить параметры решения задачи (в окне **Поиск решения**);

б) запустить задачу на решение (в окне **Поиск решения**);

с) выбрать формат вывода решения (в окне **Результаты поиска решения**).

Применение надстройки **Поиск решения** из Excel рассмотрим на примере.

Задание: Составить математическую модель задачи линейного программирования и решить ее с помощью программы Excel.

Для изготовления изделий А и В имеем 100 кг металла. На изготовление изделия А расходуется 2 кг металла, а изделия В расходуется 4 кг. Составить план производства, обеспечивающий получение наибольшей выручки от продажи изделий, если отпускная стоимость изделия А

установлена 3 у.е., а изделия В – 2 у.е., причем изделий А требуется изготовить не более 40, а изделий В – не более 20.

Решение: Составим математическую модель. Обозначим через x_1 количество изделий А, производимых по плану, а x_2 – количество изделий В. Тогда $X = (x_1, x_2)^T$ – план производства. Из условия задачи следует, что $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$. Выручка от продажи изделий составит $3x_1 + 2x_2$ (у.е.).

$$3x_1 + 2x_2 \text{ (у.е.)}.$$

Необходимо подобрать такой план выпуска, чтобы выручка была максимальной, т.е.

$$Z = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max.$$

При составлении плана также необходимо учитывать ограничения по ресурсу. На изготовление x_1 изделий А расходуется $2x_1$ (кг). Общий расход металла составит $2x_1 + 4x_2$ (кг). Эта величина не может превышать запасы металла в количестве 100 кг.

Получаем ограничение-неравенство: $2x_1 + 4x_2 \leq 100$.

Изделий вида А в плане производства должно быть не более 40, т.е. $x_1 \leq 40$. Аналогично для изделий В: $x_2 \leq 20$, так как по условию этих изделий должно быть не более 20. Получим математическую модель задачи:

$$Z = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max,$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} x_1 \leq 40, \\ x_2 \leq 20, \\ 2x_1 + 4x_2 \leq 100, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

2. Решим задачи линейного программирования с помощью программы Excel. Для этого выполним следующие операции:

Предварительно необходимо в электронной таблице подготовить исходные данные. Для этого, запустив MSExcel, выделим первую строчку под переменные. В ячейке A1 введем подпись «Переменные» и назначим под переменные x_1, x_2 , в ячейки B1, C1 и D1.

Введем в эти ячейки любые произвольные числа, например единицы. Во второй строке определим целевую функцию. В ячейке A2 введем подпись «Целевая» и в соседней B2 введем формулу, зависящую от переменных « $=2*B1+3*C1-Э1$ » (для ввода ссылок на ячейку достаточно щелкнуть мышью по ней, кавычки не вводить). Нажав Enter получим результат 4.

В третью строку вводим левые части основной системы ограничений. В A3 вводим подпись «Ограничения» и в B3 ставим курсор и вводим в виде формулы левую часть ограничения « $=3*B1+C1-Э1$ ». Аналогично, в ячейки C3 и D3 вводим левые части других ограничений, соответственно: « $=2*B1+4*C1+D1$ » и « $=3*B1-4*D1$ ». Подготовительный этап закончен все формулы математической модели внесены и готовы к использованию.

Для подключения надстройки «Поиск решения» (SolverAdd - in), которая решает ЗЛП, нужно в меню «СЕРВИС» выбрать пункт «НАДСТРОЙКИ» и в нем установить флажок напротив пункта «ПОИСК РЕШЕНИЯ» (SolverAdd- in). После этого вновь зайти в меню «СЕРВИС» и вызвать появившийся пункт «ПОИСК РЕШЕНИЯ» (Solver...). Откроется окно поиска решения.

В нем нужно поставить окно в поле «Установить целевую» (SetTargetCell) и далее щелкнуть мышью по ячейке B2 с целевой функцией. В окне появится \$B\$2.

Далее нужно проверить, что флажок поля стоит напротив надписи «Равной максимальному значению» (Equalto... Max... Valueof).

После ставим курсор в поле «Изменяя ячейки» (ByChangingCell) и обводим ячейки с переменными B1, C1 и D1.

В поле появится \$B\$1:\$D\$1. В нижней части окна находится поле «Ограничения» (SubjecttotheConstraints). Для того, чтобы ввести ограничения, используют кнопку «Добавить» (Add), откроется окно «Добавление ограничения» (AddConstraints). В левом поле «Ссылка на ячейку» (CellReference) вводят ссылку на левую часть первого ограничения - ячейку B3, в центральном окне определяем знак < и в правом «Ограничения» (Constraints) набираем правую часть ограничения - число 100. Нажимаем «ОК», видим, что ограничение появилось в окне. Нажимаем вновь «Добавить» (Add), вводим «C3» «<» и «20». Вновь нажимаем «Добавить» (Add), вводим «D3» «>» и «40».

Для ввода дополнительных ограничений вновь нажимаем «Добавить» (Add), ставим курсор в левое поле и обводим ячейки B1, C1 и D1 (результат \$B\$1:\$D\$1) в среднем окне ставим «>» и в правом число 0. Снова «Добавить» (Add) в левое поле вводим B1, а в центральном выбираем «цел.» (int.). В правом окне появится «целое» (integer). Все ограничения введены.

Для запуска вычислений нажимаем кнопку «Выполнить» (Solve). Появляется надпись, что решение найдено (SolverFoundaSolution). Выбираем «Сохранить найденное решение» (KeepSolverSolution) и «ОК» видим результат: в ячейках B1, C1 и D1 видны значения переменных X_j , x_2 , x_3 , соответствующие оптимальному решению: 4; 1,75 и 0. В ячейке B2 - значение целевой функции: 13,25.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЛП								
2	Исходные данные					Ограничения			
3	N	Коэффициенты системы ограничений		Свободные члены		Левая часть	Знак	Правая часть	
4	Первое								
5	Второе								
6	Третье								
7									
8									
9	Вид изделия	A	B			Функция цели Z 			
10		Управляемые переменные							
11		X ₁	X ₂						
12	Кол-во изделий (план)								
13	Выручка (на единицу изделия) у.е.								
14									

Рис 7.1 Создание формы для ввода исходных данных задачи

- 1) создать форму для ввода исходных данных задачи;
- 2) ввести исходные данные.
- 3) ввести расчетные формулы для целевой функции и левых частей системы ограничений, выделить целевую ячейку для запуска поиска решения;
- 4) выбрать команду: *Сервис* → *Поиск решения*;
- 5) в открывающемся окне диалога установить;

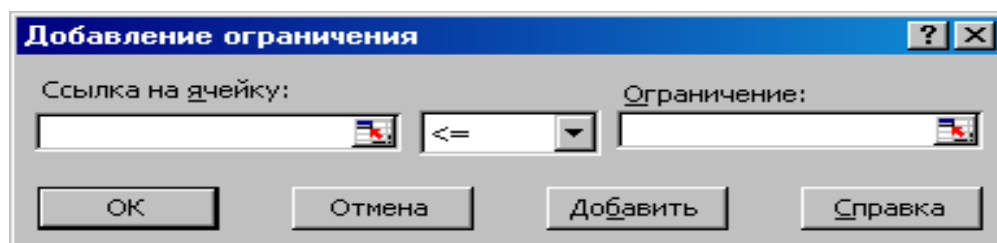


Рис 7.2 Диалоговое окно «Поиска решения»

- a) в поле *Ссылка на ячейку* указать адрес левой части первого ограничения F4. Из списка выбрать нужный оператор: $\leq$,
- b) в поле *Ограничения* указать адрес правой части первого ограничения H4. Нажать кнопку *ОК*,
- c) следующее ограничение можно ввести аналогично, нажав кнопку *Добавить*.

Диалоговое окно *Поиск решения* после ввода всех данных имеет вид:

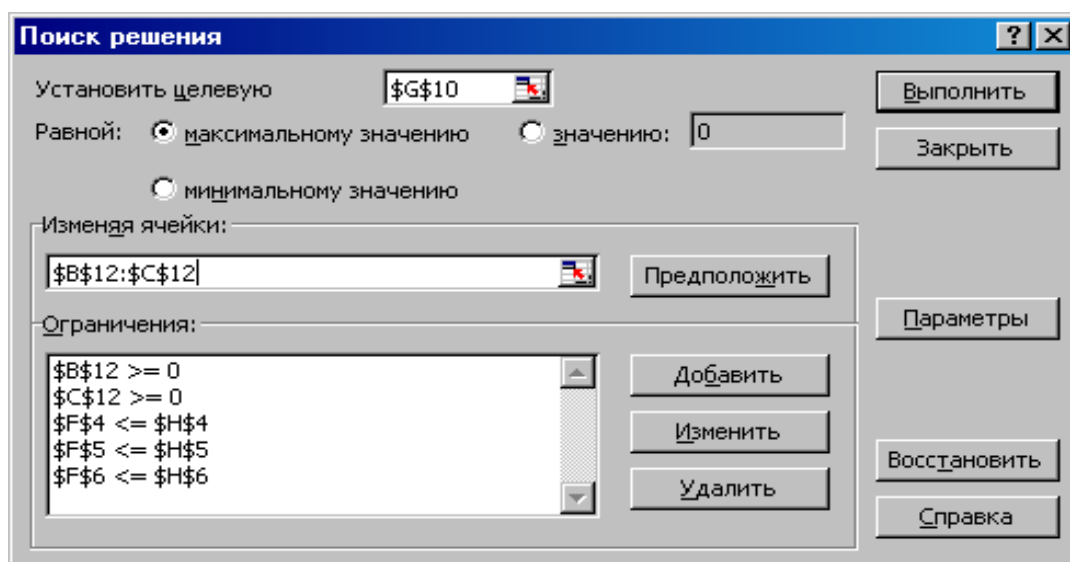


Рис 7.3 Вид диалогового окна *Поиск решения* после ввода всех данных

Если ЗЛП имеет решение, то на экране появятся результаты программы *Поиск решения* (рис. 7.4):

Максимальное значение целевой функции $Z_{\max} = 130$. Оно достигается при плане производства $X^* = (40, 5)^T$. Причем сырье (100кг металла) используется полностью (левая и правая части третьего ограничения равны). Кроме того, первое ограничение выполняется как строгое равенство, а второе – строгое неравенство.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЛП								
2	Исходные данные					Ограничения			
3	N	Кoeffициенты системы ограничений		Свободные члены		Левая часть	Знак	Правая часть	
4	Первое	1	0	40		0	<=	40	
5	Второе	0	1	20		0	<=	20	
6	Третье	2	4	100		0	<=	100	
7									
8									
9	Вид изделия	A	B			Функция цели Z			
10		Управляемые переменные							
11		X ₁	X ₂						
12	Кол-во изделий (план)	40	5						
13	Выручка (на единицу изделия) у.е.	3	2						
14									

Рис. 7.4 Результаты решения задачи

Анализ найденного решения. После нажатия кнопки. Выполнить, кроме результатов программы *Поиск решения*, на экране появится диалоговое окно *Результаты поиска решения*:

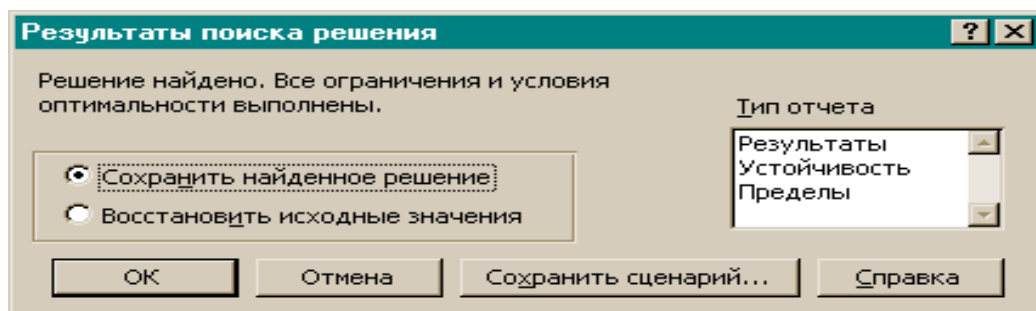


Рис. 7.5. Отчет по результатам

Далее необходимо определить, следует ли сохранять найденное решение, и какие типы отчетов следует создать и поместить в рабочую книгу.

При сохранении результатов поиска решений нужно помнить, что если изменяемая ячейка содержала формулу, то она будет заменена значением.

Для создания отчета необходимо выделить нужный тип отчета и нажать кнопку *ОК*. Чтобы выделить несколько типов отчетов, щелкните на названиях типов отчетов, удерживая нажатой клавишу *Ctrl*. Каждый отчет Excel помещает на отдельном рабочем листе. При этом в книгу слева от ярлычка рабочего листа добавляются ярлычки новых отчетов:

Отчет по результатам (рис. 7.5). Этот тип отчета содержит сведения о значении целевой функции, исходных значениях управляемых параметров, найденном решении и ограничениях. Параметр *Статус* определяет, как выполнены ограничения на оптимальном плане. *Связанное* означает, что соответствующее ограничение выполнено как равенство, а *не связан*. – как строгое неравенство. Смысл остальных параметров очевиден.

Отчет по пределам. В этом отчете отображается оптимальный план, оптимальное значение целевой функции, а также нижнее и верхнее предельные значения для изменяемых ячеек.

Отчет по устойчивости. В этом отчете будет показано, как реагирует решение на изменение формулы или ограничений.

Параметр *Нормир. градиент* – величина, приводимая при выборе некоторых методов (например, метода сопряженных градиентов) в диалоговом окне *Параметры поиска решений* (попасть в это окно можно из диалогового окна *Поиск решения*, нажав кнопку *Параметры*). В диалоговом окне *Параметры поиска решений* можно также установить предельное время выполнения задачи, максимальное число итераций, метод поиска, относительную погрешность и т.д.

Параметр *Лагранжа. Множитель* показывает, как изменится целевая функция при изменении «связанного» ограничения на единицу.

Методические указания для составления математических моделей для определения плана оптимизации

1.Задание. Для изготовления изделий типа А и В используется сырье трех видов, запасы каждого из которых Р1, Р2, Р3. На производство одного изделия типа А требуется затратить а1 кг сырья первого вида, а2 кг сырья

второго вида, a_3 кг сырья третьего вида. На одно изделие типа В расходуется соответственно b_1 , b_2 , b_3 кг сырья каждого вида. Прибыль от реализации единицы изделия А составляет α ден.ед., а изделия В – β ден.ед.

Составить план производства изделий А и В, обеспечивающий максимальную прибыль от их реализации.

Математическая модель задачи

$$2x_1 + x_2 \leq 438$$

$$3x_1 + 6x_2 \leq 747$$

$$4x_1 + 7x_2 \leq 812$$

$$F(X) = 7x_1 + 5x_2 \Rightarrow \max$$

2.Задание Задача об использовании ресурсов (задача планирования производства)

Для изготовления двух видов продукции P_1 и P_2 используют три вида ресурсов S_1 , S_2 , S_3 . Запасы ресурсов, число единиц ресурсов, затрачиваемых на изготовление единицы продукции, приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

**Запасы ресурсов, число единиц ресурсов, затрачиваемых на
изготовление единицы продукции**

Вид ресурса	Число единиц ресурсов, затрачиваемых на изготовление единицы продукции		Запасы ресурсов
	P_1	P_2	
S_1	2	3	20
S_2	3	—	18
S_3	1	4	10

Прибыль, получаемая от единицы продукции P_1 и P_2 – соответственно 2 и 3 д.е. Необходимо составить такой план производства продукции, при котором прибыль от её реализации будет максимальной.

Решение. Составим экономико-математическую модель задачи. Обозначим через x_1 , x_2 – количество единиц продукции P_1 и P_2 соответственно. Тогда суммарная прибыль F составит $2x_1$ д.е. от реализации продукции P_1 и $3x_2$ д.е. от реализации продукции P_2 , то есть

$$F = 2x_1 + 3x_2.$$

Поскольку количество ресурсов, необходимых для производства продукции ограничено, составим систему ограничений по ресурсам. Для изготовления продукции потребуется $(2x_1 + 3x_2)$ единиц ресурса S_1 , $3x_1$ единиц ресурса S_2 и $(x_1 + 4x_2)$ единиц ресурса S_3 . Так как потребление ресурсов S_1 , S_2 , S_3 не должно превышать их запасов, 20, 18, 10 единиц, соответственно, то связь между потреблением ресурсов и их запасами выразится системой ограничений - неравенств:

$$2x_1 + 3x_2 \leq 20$$

$$3x_1 \leq 18$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 10$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

Задание 3 Молочный комбинат освоил выпуск новых сортов сыра: «Нежный» и «Петровский». Ожидаемый спрос на них может составить, соответственно, не более 15 и 12 т в месяц. Поскольку комбинат выпускает также традиционные виды продукции, каждый из 4 цехов может выделить на производство сыров ограниченный месячный ресурс времени. Выделяемые лимиты времени, а также затраты времени работы каждого цеха на осуществление технологического процесса при выработке 1 т сыра каждого сорта, приведены в таблице 7.3, где также представлены оптовые цены сыров.

Определить оптимальный объем выпуска сыра каждого сорта, обеспечивающий максимальную выручку от продажи.

Таблица 7.3

Лимиты времени, затраты времени работы каждого цеха на выработку 1 т сыра каждого сорта

Исходные данные задачи № цеха	Затраты времени на выработку 1 т сыра, час		Месячные лимиты времени, час
	Нежный	Петровский	
1	2	7	66
2	3	5	45
3	2	4	58
4	1	6	72
Оптовая цена, тыс. руб. / т	156	168	

Решение: 1) В данной задаче требуется установить, сколько сыра каждого сорта надо производить в текущем месяце. Поэтому искомыми неизвестными величинами, а значит, и переменными задачи являются объемы выпуска каждого сорта сыра:

x_1 – объем выпуска сыра «Нежный» (т сыра / месяц);

x_2 – объем выпуска сыра «Петровский» (т сыра / месяц).

2) В условии задачи сформулирована цель – добиться максимального дохода от реализации продукции. Чтобы рассчитать величину выручки от продажи сыров обоих сортов, необходимо знать объемы производства сыров, т.е. x_1 и x_2 т сыра, а также оптовые цены на сыры «Нежный» и «Петровский» – согласно условию, соответственно 156 и 168 тыс. руб. за 1 т сыра.

Таким образом, доход от продажи сыра «Нежный» равен $156x_1$ тыс. руб. в месяц, а от продажи сыра «Петровский» – $168x_2$ тыс. руб. в месяц.

Запишем целевую функцию в виде суммы дохода от продажи сыров «Нежный» и «Петровский»

$$156x_1 + 168x_2$$

3) Возможные объемы производства сыров x_1 и x_2 ограничиваются следующими условиями:

- затраты времени работы каждого цеха на производство сыров обоих сортов, не могут превышать месячного лимита времени по цехам;

- согласно результатам изучения рыночного спроса объем производства сыра «Нежный» не должен превышать 15 т в месяц, а сыра «Петровский» - 12 т в месяц;
- объемы производства сыров не могут быть отрицательными.

Таким образом, все ограничения задачи можно разделить на три вида, обусловленные:

- временными затратами;
- рыночным спросом на сыры;
- неотрицательностью объемов производства.

Запишем эти ограничения в математической форме.

Левая часть ограничений по фонду времени представляет собой время, затрачиваемое каждым цехом на выработку сыров в течение месяца в количестве x_1 , x_2 тонн. Правая часть ограничения – это месячные лимиты рабочего времени каждого цеха. Таким образом, ограничение по расходу времени на выработку сыров в течение месяца первым цехом имеет вид:

$$2x_1 + 7x_2 \leq 66$$

Аналогична математическая запись ограничений по второму, третьему и четвертому цехам:

$$3x_1 + 5x_2 \leq 45$$

$$2x_1 + 4x_2 \leq 58$$

$$1x_1 + 6x_2 \leq 72$$

Замечание 1. Важным моментом проверки правильности составления ограничений является проверка совпадения единиц измерения левой и правой частей ограничений.

В составленных выше ограничениях левая и правая части измеряются в часах, потраченных на производство сыров в течение месяца.

Ограничения по объему производства сыров согласно рыночному спросу имеют вид:

$$x_1 \leq 15$$

$$x_2 \leq 12$$

Неотрицательность объемов производства задается.

Таким образом, математическая модель этой задачи имеет вид:

$$F = 156x_1 + 168x_2 \longrightarrow \max$$

$$2x_1 + 7x_2 \leq 66$$

$$3x_1 + 5x_2 \leq 45$$

$$2x_1 + 4x_2 \leq 58$$

$$1x_1 + 6x_2 \leq 72$$

$$x_1 \leq 15; x_2 \leq 12$$

1 Задание. Предприятие может работать по пяти технологическим процессам, причем количество единиц выпускаемой продукции по разным технологическим процессам за 1 ед. времени соответственно равно 300, 260, 320 и 450 шт. В процессе производства учитываются следующие производственные факторы: сырье, электроэнергия, зарплата и накладные расходы. Затраты соответствующих факторов (в тыс. грн.) при работе по указанным технологическим процессам в течение 1 ед. времени указаны в следующей таблице 7.4. Найти программу максимального выпуска продукции.

Таблица 7.4

Затраты соответствующих факторов (в тыс. руб.) при работе по указанным технологическим процессам в течение 1 ед. времени

<i>Производственный факторы</i>	1	2	3	4	5	<i>Ресурсы, тыс.руб.</i>
Сырье	12,0	15,0	10,0	12,0	11,0	1300
Электронергия	0,2	0,1	0,2	0,25	0,5	30
Зарплата	3,0	4,0	5,0	5,0	2,0	400
Накладные расходы	6,0	5,0	4,0	6,0	4,0	800

В последней графе таблицы указаны ресурсы в тыс. руб., которыми располагает предприятие по каждому из производственных факторов. Составим математическую модель задачи.

2 Задание Автомобильный завод выпускает грузовики трех типов – А, Б и В, прибыль от реализации единицы которых составляет соответственно 1800, 2250 и 7250 руб. Определить наиболее рентабельный для завода план выпуска автомобилей, если производственные мощности ограничены так, как показано в таблице 7.5, и машин типа А можно произвести не более 40.

Таблица 7.5

Ограничения производственных мощностей

<i>Производственные участки</i>	<i>Количество машин в год</i>		
	А	Б	В
1. Подготовка производства	180	150	120
2. Кузовной цех	120	180	160
3. Шасси	180	160	120
4. Двигатели	200	150	120
5. Сборочный цех	240	200	100

6. Испытания	200	200	110
--------------	-----	-----	-----

3 Задание Пусть предприятие производит три вида продукции: G_1 , G_2 , G_3 . От продажи единицы продукции вида G_1 предприятие получает прибыль в размере $c_1 = 1$ у.е., от продажи единицы продукции вида G_2 – в размере $c_2 = 2$ у.е., а от продажи продукции вида G_3 в размере $c_3 = 3$ у.е.

Для выпуска продукции предприятие располагает тремя видами ресурсов: R_1 , R_2 и R_3 в количестве, заданном вектором ограничений $b = (b_1, b_2, b_3) = (800, 600, 1000)$.

Объемы затрат ресурсов на производство продукции представлены технологической матрицей $A = \|a_{ij}\|$ ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$), которая в данном случае является квадратной:

4 2 4

7 5 1

2 4 3

Требуется определить план производства, максимизирующий прибыль предприятия от производства продукции с учетом указанных ограничений.

4 Задание Имеется три вида ресурсов: I, II и III, которые используются для производства трех видов продукции: А, Б и В. Нормы расхода ресурсов на единицу продукции каждого вида приведены в таблице 7.6:

Таблица 7.6

Нормы расхода ресурсов на единицу продукции каждого вида

Ресурс	Норма расхода на единицу продукции		
	А	В	С
I	1	2	0
II	2	1	0
III	0	1	1

В распоряжении предприятия находятся 500 единиц ресурса I, 550 единиц ресурса II и 200 единиц ресурса III. Прибыль от реализации единицы продукции А составляет 3 у. е., продукции Б – 4 у.е., продукции В – 1 у.е. Определить оптимальный план производства продукции по критерию максимума прибыли.

5 Задание Ткань трех артикулов производится на ткацких станках двух типов с различной производительностью. Для изготовления ткани используется пряжа и красители. В таблице 7.7 указаны мощности станков (тыс. станко-ч), ресурсы пряжи и красителей (тыс. кг), производительность станков по каждому виду ткани (м/ч), нормы расхода пряжи и краски (кг на 1000 м) и цена (у. е.) 1 м ткани:

Таблица 7.7

Показатели производственных мощностей, ресурсов и нормы расхода пряжи.

Виды ресурсов	Объем ресурсов	Производительность и норма расхода		
		1	2	3
Станки I типа	30	20	10	25
Станки II типа	45	8	20	10
Пряжа	30	120	180	210
Красители	1	10	5	8
Цена		15	15	20

Определить оптимальный ассортимент, максимизирующий прибыль, если себестоимость 1 м ткани составляет соответственно 3, 5 и 15 у.е.

6 Задание Кирпичный завод выпускает кирпичи двух марок (I и II). Для производства кирпича применяется глина трех видов (А, В, С). По месячному плану завод должен выпустить 10 условных единиц кирпича марки I и 15 условных единиц кирпича марки II. В таблице 7.8 указаны расход различных видов глины для производства одной условной единицы кирпича каждой марки и месячный запас глины:

Таблица 7.8

Расход различных видов глины для производства одной условной единицы кирпича

Марка	Количество глины, необходимой для производства 1 условной единицы кирпича		
	А	В	С
I	1	0	1
II	0	2	2
Запас глины	15	36	47

Сколько условных единиц кирпича различных марок должен выпустить завод сверх плана, чтобы обеспечить наибольшую прибыль, если известно, что от реализации 1 условной единицы кирпича марки I завод получает прибыль, равную 4 у.е., а от реализации кирпича марки II – 7 у.е.?

6 Задание Фирма выпускает продукцию А, В, С, D, используя для ее производства три вида ресурсов в количестве соответственно 260, 400, 240 единиц. Расход каждого ресурса на единицу выпускаемой продукции и цена единицы каждого вида продукции заданы таблицей 7.9:

Таблица 7.9

Расход каждого ресурса на единицу выпускаемой продукции

Вид ресурса	Объем ресурса	Нормы расхода ресурсов			
		А	В	С	D
1	260	2	1	3	1
2	400	1	2	1	2
3	240	2	0	1	2
Цена, у.е.		1	4	2	5

Определить план выпуска продукции, обеспечивающий фирме максимум стоимости выпускаемой продукции

Составить математическую модель ЗЛП и решить ее с помощью программы Excel.

7 Задание Для изготовления изделий А и В имеем 100 кг металла. На изготовление изделия А расходуется 2 кг металла, а изделия В расходуется 4 кг. Составить план производства, обеспечивающий получение наибольшей выручки от продажи изделий, если отпускная стоимость изделия А установлена 3 у.е., а изделия В – 2 у.е., причем изделий А требуется изготовить не более 40, а изделий В – не более 20.

12 Задание Типография располагает тремя видами ресурсов – бумагой, красной и черной красками. Она может напечатать афиши двух видов. Нормы расхода и цена афиши каждого вида приведены в таблице 7.10. Сформируйте план выпуска, дающий максимальную выручку от реализации всех напечатанных афиш.

Таблица 7.10

Нормы расхода (г)

Афиша	Цена (тыс. руб.)	Расходы на штучку		
		Бумага	Красная краска	Черная краска
1 вид	3	30	9	3
2 вид	2	30	3	5
Запас ресурса (кг)		90	18	10

13 Задание. Фирма выпускает продукцию А, В, С, D, используя для ее производства три вида ресурсов в количестве соответственно 260, 400, 240 единиц. Расход каждого ресурса на единицу выпускаемой продукции и цена единицы каждого вида продукции заданы таблицей 7.11:

Таблица 7.11

Расход каждого ресурса на единицу выпускаемой продукции

Вид ресурса	Объем ресурса	Нормы расхода ресурсов			
		А	В	С	D
1	260	2	1	3	1
2	400	1	2	1	2
3	240	2	0	1	2
Цена, у.е.		1	4	2	5

Определить план выпуска продукции, обеспечивающий фирме максимум стоимости выпускаемой продукции. Составить математическую модель ЗЛП и решить ее с помощью программы Excel.

14 Задание. Фирма «Television» производит два вида телевизоров: «Астро» и «Космо». В цехе 1 производят телевизионные трубки. На производство одной трубки к телевизору «Астро» требуется потратить 1,2 человеко-часа, а на производство трубки к «Космо» – 1,8 человеко-часа. В настоящее время в цехе 1 на производство трубок к обеим маркам телевизоров может быть затрачено не более 120 человеко-часов в день.

В цехе 2 производят шасси с электронной схемой телевизора. На производство шасси для телевизора любой марки требуется затратить 1 человеко-час. На производство шасси к обеим маркам телевизоров в цехе 2 может быть затрачено не более 90 человеко-часов в день.

Продажа каждого телевизора марки «Астро» обеспечивает прибыль в размере 1500 руб., а марки «Космос» – 2000 руб.

Фирма заинтересована в максимизации прибыли.

Вопросы:

1. Сколько телевизоров «Астро» следует производить ежедневно?
2. Какова максимальная ежедневная прибыль телевизионной компании?
3. На сколько рублей в день увеличится прибыль, если ресурс времени в цехе 2 возрастет на 5 человеко-часов?
4. Следует ли изменить план производства, если прибыль от телевизора «Космо» увеличится до 2200 руб.?

15 Задание. Чулочно-носовая фирма производит и продает два вида товаров: мужские носки и женские чулки. Фирма получает прибыль в размере 10 руб. от производства и продажи одной пары чулок и в размере 4 руб. от производства и продажи одной пары носков.

Производство каждого изделия осуществляется на трех участках. Затраты труда (в часах) на производство одной пары указаны в следующей таблице 7.12 для каждого участка

Таблица 7.12

Затраты труда (в часах) на производство одной пары чулок

Участок производства	Чулки	Носки
1	0,02	0,01
2	0,03	0,01
3	0,03	0,02

Руководство рассчитало, что в следующем месяце фирма ежедневно будет располагать следующими ресурсами рабочего времени на каждом из участков: 60 ч. на участке 1; 70 ч. на участке 2 и 100 ч. на участке 3.

Вопросы:

1. Сколько пар носков следует производить ежедневно, если фирма хочет максимизировать прибыль?
2. Какую максимальную прибыль фирма может получать ежедневно?
3. На сколько увеличится прибыль, если ресурс времени на участке 1 увеличится на 10ч?

4. На сколько увеличится прибыль, если ресурс времени на участке 2 увеличится на 10 ч?

16 Задание. Мощности завода позволяют произвести в текущем месяце ингредиенты для производства удобрений в следующем количестве: 10 т. нитратов, 15 т. фосфатов и 12 т. поташа. В результате смешения этих активных ингредиентов с инертными, запасы которых не ограничены, на заводе могут быть получены четыре типа удобрений.

Удобрение 1 содержит 5% нитратов, 10% фосфатов и 5% поташа.

Удобрение 2 содержит 5% нитратов, 10% фосфатов и 10% поташа.

Удобрение 3 содержит 10% нитратов, 10% фосфатов и 10% поташа.

Удобрение 4 содержит 10% нитратов, 5% фосфатов и 5% поташа.

Цены на удобрения соответственно 400, 500, 400 и 450 руб. за тонну.

Объем спроса на удобрения практически не ограничен.

Стоимость производства одной тонны нитратов 360 руб., фосфатов 240 руб. и поташа 200 руб.

Инертные ингредиенты закупаются заводом по цене 100 руб. за тонну.

На текущий месяц завод уже заключил контракт на поставку 10 т. удобрения 3.

Определите, какие удобрения и в каком количестве следует производить, чтобы в текущем месяце завод получил максимальную прибыль.

Вопросы:

1. Сколько удобрения 1 следует производить?

2. Сколько всего следует производить удобрений?

3. Какова максимальная прибыль?

4. На сколько изменилась бы прибыль, если бы заказчик отказался от контракта на поставку удобрения 3?

17 Задание. Решить транспортную задачу методом потенциалов. В клетках таблицы проставлены транспортные затраты на перевозку единицы продукции справа от таблицы – объем производства поставщиков, внизу – величины спроса потребителей.

a)

12	6	29	19	21	13
14	3	30	10	10	27
15	27	28	11	24	16
1	23	26	15	13	14
14	14	14	14	14	

b)

4	21	12	8	1	21
20	8	25	15	23	21
17	1	1	5	3	23
23	10	10	6	5	23
22	22	22	11	11	

в)

5	3	24	10	25	24
30	2	22	16	7	15
30	24	27	29	10	16
15	17	21	2	3	24
12	13	14	31	9	

г)

21	19	11	12	12	24
26	29	14	1	26	12
39	1	22	8	25	18
53	23	40	26	28	16
11	13	26	10	10	

д)

25	28	20	15	7	16
27	5	11	23	10	12
1	25	14	16	16	14
8	6	4	16	18	18
7	8	4	11	30	

е)

14	25	18	19	23	33
2	17	16	24	2	25
29	3	7	15	22	25
5	2	17	23	10	17
33	11	11	11	34	

18 Задание. Компания, занимающаяся добычей железной руды, имеет четыре карьера. Производительность карьеров соответственно 170, 130, 190 и 200 тыс. т. ежемесячно. Железная руда направляется на три принадлежащие этой компании обогатительные фабрики, мощности которых соответственно 250, 150 и 270 тыс. т в месяц. Транспортные затраты (в тыс. руб.) на перевозку 1 тыс. т. руды с карьеров на фабрики указаны в следующей таблице 7.13

Таблица 7.13

Транспортные затраты (в тыс. руб.) на перевозку 1 тыс. т. руды с карьеров на фабрики

Карьер	Фабрики		
	1	2	3
1	7	3	5
2	5	4	6
3	4	5	6
4	3	2	5

Определите план перевозок железной руды на обогатительные фабрики, который обеспечивает минимальные совокупные транспортные издержки.

Вопросы:

1. Сколько руды следует перевозить с карьера 1 на обогатительную фабрику 2?
2. Сколько руды следует перевозить с карьера 4 на обогатительную фабрику 1?
3. Какой объем мощностей по добыче руды окажется неиспользованным?
4. Каковы минимальные совокупные транспортные издержки.

19 Задание. Фирма по прокату автомобилей «Золотое кольцо России» собирает заявки на аренду во всех городах центра России. Клиент имеет возможность получить автомобиль в любом удобном для него населенном пункте и оставить его в любом месте, где он заканчивает путешествие, в том числе и в своем родном городе. Работники фирмы забирают оставленные автомобили и перегоняют их для передачи новым клиентам.

Сейчас 4 автомобиля компании оставлены в Клину, 3 – в Ростове Великом, 6 – в Ярославле и 1 – в Серпухове.

Имеются заказы на 5 автомобилей во Владимире, на 3 автомобиля в Санкт-Петербурге и на 6 автомобилей в Москве. Расстояния между городами (в км) приведены в следующей таблице 7.14

Таблица 7.14

Расстояния между городами (в км)

Пункт отправления	Пункт назначения		
	Владимир	Санкт-Петербург	Москва
Клин	300	550	100
Ростов Великий	200	620	200
Ярославль	350	570	250
Серпухов	250	700	150

Составьте план, по которому следует перегонять автомобили новым клиентам. Ориентируйтесь на минимизацию расстояния, которое пройдут все перегоняемые автомобили.

Вопросы:

1. Чему равно минимальное расстояние, которое должны пройти все автомобили?

2. Сколько автомобилей следует перегнать в Москву из Ярославля?

3. На сколько увеличится минимальное расстояние, которое должны пройти все автомобили, если дополнительно стало известно, что еще один автомобиль оставлен в Серпухове и еще один клиент появился в Москве?

19 Задание. Компания, занимающаяся добычей железной руды, имеет четыре карьера. Производительность карьеров соответственно 200, 100, 200 и 300 тыс. т. ежемесячно. Железная руда направляется на три принадлежащие этой компании обогатительные фабрики, мощности которых соответственно 350, 250 и 200 тыс. т. в месяц.

Транспортные затраты (в тыс. руб.) на перевозку 1 тыс. т. руды с карьеров на фабрики указаны в следующей таблице 7.15

Таблица 7.15

Транспортные затраты (в тыс. руб.) на перевозку 1 тыс. т. руды с карьеров на фабрики

Карьер	Фабрики		
	Φ_1	Φ_2	Φ_3
K_1	17	23	15
K_2	15	14	26
K_3	14	15	19
K_4	16	21	15

Определите план перевозок железной руды на обогатительные фабрики, который обеспечивает минимальные совокупные транспортные издержки.

Вопросы:

1. Сколько руды следует перевозить с карьера K_1 на обогатительную фабрику Φ_2 ?

2. Сколько руды следует перевозить с карьера K_4 на обогатительную фабрику Φ_3 ?

3. Какова общая минимальная стоимость перевозок?

4. Стало известно, что поставки с карьера K_1 на обогатительную фабрику Φ_2 нужно ограничить объемом 50 тыс. т. К тому же из-за плохого состояния дороги перевозки с карьера K_4 на обогатительную фабрику Φ_3

невозможны. Определите новый план перевозок, учитывающий эти условия. На сколько возрастет стоимость перевозок?

5. Сколько руды следует перевозить с карьера K_4 на обоганительную фабрику Φ_2 с учетом дополнительной информации?

20 Задание. Заводы некоторой автомобильной фирмы расположены в городах A , B и C . Основные центры распределения продукции сосредоточены в городах D и E . Объемы производства указанных трех заводов равняются 1000, 1300 и 1200 автомобилей ежеквартально. Величины квартального спроса в центрах распределения составляют 2300 и 1400 автомобилей соответственно.

Стоимости перевозки автомобилей по железной дороге по каждому из возможных маршрутов приведены в табл. 7.16

Таблица 7.16

Стоимость перевозки автомобилей, руб./шт.

	D	E
A	80	215
B	100	108
C	102	68

Постройте математическую модель, позволяющую определить количество автомобилей, перевозимых из каждого завода в каждый центр распределения, таким образом, чтобы общие транспортные расходы были минимальны.

21 Задание. Компания имеет 2 товарных склада и двух оптовых покупателей. Известно, что общий объем запасов на складах составляет 90 т груза и совпадает с общим объемом заказов покупателей. Требуется спланировать перевозки к покупателям так, чтобы затраты на перевозку были минимальными. Стоимость перевозки от складов к покупателям указана в таблице 7.17

Таблица 7.17

Тарифы на перевозку

Склады	Стоимость перевозок к покупателям (тыс. руб. за 1 т)		Наличие (т)
	B_1	B_2	
A_1	4	2	50
A_2	9	5	40
Запрос (т)	70	20	90

22 Задание. На вокзалы A и B прибыло несколько комплектов мебели. Эту мебель нужно доставить в магазины C и D с учетом их потребностей. Спланировать перевозки мебели так, чтобы общая стоимость этих перевозок была наименьшей. Необходимые данные для решения задачи указаны в таблице 7.18

Таблица 7.18

Тарифы на перевозку

Вокзалы	Стоимость перевозок в магазин(тыс. руб. за 1 комплект)		Наличие (комплектов)
	C	D	
A	4	3	30
B	4	2	30
Запрос (комплектов)	40	20	60

23 Задание. В пунктах *C* и *D* находятся заводы по производству кирпича, в пунктах *A* и *B* - карьеры, снабжающие их песком. Спланировать перевозки так, чтобы общая стоимость этих перевозок была минимальной. Необходимые данные для решения задачи указаны в таблице 7.19

Таблица 7.19

Тарифы на перевозку

Карьеры	Стоимость перевозок на завод(тыс. руб. за 1 т)		Наличие (т)
	C	D	
<i>A</i>	2	6	70
<i>B</i>	5	3	30
Запрос (т)	40	60	100

25 Задание. Две базы снабжают комплектующими изделиями три предприятия. Расходы на перевозку одной тысячи единиц продукции, суточная потребность предприятий и общее количество изделий на базах указаны в таблице 7.20

Таблица 7.20

Тарифы на перевозку (тыс. сум. за 1 тыс. шт.)

Базы	Предприятия			Наличие (тыс. шт.)
	1	2	3	
<i>A</i>	8	5	5	5
<i>B</i>	4	6	8	8
Потребность(тыс. шт.)	5	4	4	

Требуется спланировать перевозки к покупателям так, чтобы затраты на перевозку были минимальными.

26 Задание. Имеются три пункта поставки однородного груза и пять пунктов потребления этого груза. На пунктах поставки, находится груз соответственно в количествах и тонн. В пункты потребления требуется доставить соответственно и тонн груза. Расходы на перевозку единицы груза между пунктами поставки и пунктами потребления приведены в таблице 7.21.

Найти такой план закрепления потребителей за поставками однородного груза, чтобы общие затраты по перевозкам были минимальными.

Таблица 7.21

Расходы на перевозку единицы груза между пунктами поставки и пунктами потребления

	<i>D</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	Запасы
--	----------	----------	----------	----------	----------	--------

<i>A</i>	16	7	10	9	14	220
<i>B</i>	11	5	3	8	15	180
<i>C</i>	9	20	15	11	6	200
Потребности	80	140	200	60	120	600

27 Задание. Составить план перевозок грузов с наименьшей общей стоимостью от четырех поставщиков A_i ($i=1,2,3,4$) соответственно в количествах 100, 400, 100 и 100 ед. к пяти потребителям B_j ($j=1,2,3,4,5$) соответственно в количествах 50, 100, 150, 200 и 250 ед. Стоимости перевозок единицы груза из каждого пункта отправления в каждый пункт назначения являются известными величинами и задаются матрицей.

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 6 & 8 & 12 & 16 \\ 16 & 10 & 8 & 6 & 15 \\ 4 & 1 & 9 & 11 & 13 \\ 3 & 2 & 7 & 7 & 15 \end{pmatrix}.$$

28 Задание Построить расширенную экономико-математическую модель транспортной задачи и найти ее оптимальное решение.

Таблица 7.22

Расходы на перевозку единицы груза между пунктами поставки и пунктами потребления

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Запасы
A_1	2	7	3	6	2	30
A_2	9	4	5	7	3	70
A_3	5	7	6	2	4	50
Потребности	10	40	20	60	20	150

29 Задание Пусть необходимо организовать оптимальные по транспортным расходам перевозки продукции с двух складов к трем потребителям. Ежемесячные запасы продукции на складах равны 120 и 180 т., а ежемесячные потребности покупателей составляют 70, 140 и 90 т. соответственно. Транспортные расходы по доставке продукции представлены в следующей таблице 7.23.

Таблица 7.23

Транспортные расходы по доставке 1 т продукции (тыс. сум.)

Склады	Потребители		
	B_1	B_2	B_3
A_1	8	5	6
A_2	4	9	7

30 Задание Компания «Стройгранит» производит добычу строительной щебенки и имеет на территории региона три карьера. Запасы щебенки на карьерах соответственно равны 800, 900 и 600 тыс. тонн. Четыре строительных

организации, проводящие строительные работы на разных объектах этого же региона дали заказ на поставку соответственно 300, 600, 650 и 750 тыс. тонн щебенки.

Стоимость перевозки 1 тыс. тонн щебенки с каждого карьера на каждый объект приведены в таблице 7.24

Таблица 7.24

Стоимость перевозки 1 тыс. тонн щебенки с каждого карьера на каждый объект

Карьер	Строительный объект			
	1	2	3	4
1	8	4	1	7
2	3	6	7	3
3	6	5	11	8

Необходимо составить такой план перевозки (количество щебенки, перевозимой с каждого карьера на каждый строительный объект), чтобы суммарные затраты на перевозку были минимальными.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ ПО КУРСУ «СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ»

1. Понятия и особенности системного подхода к решению задач управления
2. Этапы системного анализа
3. Системные аспекты макроэкономики
4. Системный анализ и управление риском в экономических системах
5. Методология системного анализа в решении неструктурированных проблем
6. Стратегическое планирование в микроэкономических системах
7. Моделирование стратегического развития экономики.
8. Основополагающие положения системного подхода к управлению.
9. Роль и функции систем информационной поддержки управления.
10. Методы описания поведения сложных систем.
11. Раскройте значение понятия Синтаксис и назначение модели черного ящика.
12. Структурно-параметрический метод описания поведения сложных систем.
13. Функционально-операторные и информационные методы описания поведения сложных систем
14. Принцип «черного ящика» в системном анализе.

15. Импульсы и реакции. Входные и выходные величины, анализ их соотношений.
16. Значение системного анализа при решении проблем предприятий.
17. Системный подход прогнозированию развития различных отраслей экономики Узбекистана.
18. Методология системного анализа при исследовании производственных структур.
19. Критерии обоснования при принятии управленческого решения.
20. Системный подход при решении неструктурированных проблем в экономике.
21. Государственное регулирование социально-экономических систем
22. Идентификация (распознавание) системы при различных уровнях дифференциации входных и выходных величин.
23. Методы формального описания социально-экономических систем.
24. Структурно-операционная модель социально-экономической системы.
25. Методы и средства моделирования систем.
26. Алгебраическое описание социально-экономических систем.
27. Модели системы, модель как принцип экономического анализа.
28. Системный анализ, принципы его формирования.
29. Системный анализ издержек производства продукции. Системная оценка процессов межотраслевого перераспределения вновь созданной стоимости и ценового диспаритета при межотраслевом обмене.
30. Системная оценка роли фактора эквивалентности межотраслевого и межрегионального обмена при оценке эффективности экономики в целом.
31. Системная оценка фактора открытости экономики и взаимодействия с мировым рынком с точки зрения эффективности функционирования экономики в целом.
32. Принципы разработки аналитических экономико-математических моделей.
33. Ресурсные и экологические ограничения экономического роста.
34. Математические методы исследования экономических систем на основе производственных функций.
35. Совершенствование институциональных форм, структур и систем управления инновационной деятельностью.

СОДЕРЖАНИЕ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО КУРСУ «СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ»

1. Модели по форме бывают:

- а) графические;
- б) стационарные;
- в) вербальные;
- г) каузальные.

2. Состояние системы определяется:

- а) множеством значений управляющих переменных;
- б) скоростью изменения выходных переменных;
- в) множеством характерных свойств системы
- г) множеством значений возмущающих воздействий.

3. Равновесие системы определяют как:

- а) способность системы сохранять свое состояние сколь угодно долго в отсутствие внешних возмущений;
- б) способность системы возвращаться в исходное состояние после снятия возмущений;
- в) способность системы двигаться равноускоренно сколь угодно долго при постоянных воздействиях;
- г) способность системы сохранять свое состояние сколь угодно долго при постоянных воздействиях;

4. Устойчивость можно определить как:

- а) способность системы сохранять свое состояние сколь угодно долго при постоянных воздействиях;
- б) способность системы двигаться равноускоренно сколь угодно долго при постоянных воздействиях;
- в) способность системы возвращаться в исходное состояние после снятия возмущений;
- г) способность системы сохранять свое состояние сколь угодно долго в отсутствие внешних возмущений;

5. Развитие обязательно связано с:

- а) увеличением в количестве;
- б) увеличением энергетических ресурсов;
- в) увеличением в размерах;
- г) изменением целей.

6. Энтропия системы возрастает при:

- а) полной изоляции системы от окружающей среды;
- б) получении системой информации;
- в) получении системой материальных ресурсов;
- г) внешних управляющих воздействиях на систему.

7. В статической системе:

- а) неизменная структура;
- б) неизменны характеристики;

в) неизменны возмущения;

г) неизменно состояние.

8. Динамическая система – это:

а) система, с изменяющимся во времени состоянием;

б) система, с изменяющейся во времени структурой;

в) система, с изменяющимися во времени параметрами;

г) система, с изменяющимися во времени характеристиками.

9. Интегрирующее звено описывается уравнением:

а) $y = kx'$;

б) $y = kx$;

в) $y' = kx$;

г) $Ty' + y = kx'$;

10. $y = kx'$ – это уравнение описывает поведение:

а) безынерционного звена;

б) инерционного звена;

в) колебательного звена;

г) идеального дифференцирующего звена;

11. Динамические характеристики:

а) характеристики, изменяющиеся во времени;

б) характеристики, не изменяющиеся во времени;

в) характеризуют зависимость изменения выходных переменных от входных и времени;

г) характеризуют реакцию системы на изменение входных переменных.

12. Закономерности функционирования систем:

а) справедливы для любых систем;

б) справедливы всегда;

в) справедливы иногда;

г) справедливы «как правило».

13. Закономерность развития во времени – историчность:

а) справедлива только для технических систем;

б) справедлива только для биологических систем;

в) справедлива только для экономических систем;

г) справедлива для всех систем.

14. Способность системы достигнуть определенного состояния (эквифинальность) зависит от:

а) времени;

б) параметров системы;

в) начальных условий;

г) возмущений.

15. Эмерджентность проявляется в системе в виде:

а) неравенстве свойств системы сумме свойств, составляющих ее элементов;

б) изменения во всех элементах системы при воздействии на любой ее элемент;

в) появлении у системы новых интегративных качеств, не свойственных ее элементам.

г) равенства свойств системы сумме свойств, составляющих ее элементов.

16. Аддитивность – это:

- а) разновидность эмерджентности;
- б) противоположность эмерджентности;
- в) модифицированная эмерджентность;
- г) независимость элементов друг от друга.

17. При прогрессивной систематизации:

- а) поведение системы становится физически суммативным;
- б) элементы систем все больше зависят друг от друга;
- в) система все в большей мере ведет себя как целостность;
- г) элементы систем все больше зависят друг от друга;

18. Коммуникативность при иерархической упорядоченности систем проявляется в виде:

- а) связи системы с системами одного уровня с рассматриваемой;
- б) обратной связи в системе;
- в) связи системы с надсистемой;
- г) связи системы с подсистемами или элементами.

19. Технические системы – это:

- а) совокупность технических решений;
- б) совокупность взаимосвязанных технических элементов;
- в) естественная система;
- г) действующая система.

20. Технологическая система – это:

- а) совокупность взаимосвязанных технических элементов;
- б) искусственная система;
- в) абстрактная система;
- г) совокупность операций (действий).

21. Экономическая система – это:

- а) совокупность мероприятий;
- б) совокупность экономических отношений;
- в) создаваемая система;
- г) материальная система.

22. Организационная система обеспечивает:

- а) координацию действий;
- б) развитие основных функциональных элементов системы;
- в) социальное развитие людей;
- г) функционирование основных элементов системы.

23. Централизованная система – это:

- а) система, в которой некоторый элемент играет главную, доминирующую роль;
- б) система, в которой небольшие изменения в ведущем элементе вызывают значительные изменения всей системы;

в) система, в которой имеется элемент, значительно отличающийся по размеру от остальных;

г) детерминированная система.

24. Открытая система – это система:

а) способная обмениваться с окружающей средой информацией;

б) в которой возможно снижение энтропии;

в) в которой энтропия только повышается;

г) способная обмениваться с окружающей средой энергией.

25. Системы, способные к выбору своего поведения, называются:

а) каузальными;

б) активными;

в) целенаправленными;

г) гетерогенными.

26. Системы, у которых изменяются параметры, называются:

а) стационарными;

б) многомерными;

в) стохастическими;

г) нестационарными.

27. Сложная система:

а) имеет много элементов;

б) имеет много связей;

в) ее нельзя подробно описать;

г) имеет разветвленную структуру и разнообразие внутренних связей.

28. Детерминированная система:

а) имеет предсказуемое поведение на 99%;

б) имеет предсказуемое поведение на 100%;

в) непредсказуемая;

г) имеет предсказуемое поведение с вероятностью более 0,5.

29. Система, в которой известны все элементы и связи между ними в виде однозначных зависимостей (аналитических или графических), можно отнести к:

а) детерминированной системе;

б) хорошо организованной системе;

в) диффузной системе;

г) линейной системе.

30. К особенностям экономических систем, как самоорганизующихся, относятся:

а) каузальность;

б) стохастичность;

в) способность противостоять энтропийным тенденциям;

г) способность и стремление к целеобразованию.

31. Главные особенности системного подхода:

а) подход к любой проблеме как к системе;

б) мысль движется от элементов к системе;

- в) мысль движется от системы к элементам;
- г) в центре изучения лежит элемент и его свойства.

32. Исследование и проектирование системы с точки зрения обеспечения ее жизнедеятельности в условиях внешних и внутренних возмущений называется:

- а) системно-информационным подходом;
- б) системно-управленческим подходом;**
- в) системно-функциональным подходом;
- г) системно-структурным подходом;

33. При построении математической модели возникают следующие проблемы:

- а) определение числа параметров модели;**
- б) определение значений параметров модели;
- в) выбор структуры модели;
- г) выбор критерия оценки качества модели;

34. Метод наименьших квадратов применяется при:

- а) определении параметров модели;**
- б) выборе структуры модели;
- в) аналитическом подходе;
- г) оценке точности модели.

35. Аналитический подход к построению математической модели требует наличия:

- а) экспериментальных данных;
- б) нестационарности объекта;
- в) знаний закономерностей, действующих в системе;**
- г) стохастичности объекта.

36. Наилучшей считается модель, которая имеет:

- а) нулевую ошибку на экспериментальных данных;
- б) больше всего параметров (коэффициентов);
- в) наименьшую ошибку на контрольных точках;**
- г) включает наибольшее число переменных.

37. Система – это:

- а) множество элементов;
- б) представление об объекте с точки зрения поставленной цели;
- в) совокупность взаимосвязанных элементов;**
- г) объект изучения, описания, проектирования и управления.

38. Элемент системы:

- а) неделим в рамках поставленной задачи;
- б) неделимая часть системы;
- в) основная часть системы;
- г) обязательно имеет связи с другими элементами системы.**

39. Свойство:

- а) абсолютно;**
- б) относительно;

- в) проявляется только при взаимодействии с другим объектом;
- г) сторона объекта, обуславливающее его сходство с другими объектами.

40. Свойство:

- а) сторона объекта, обуславливающее его отличие от других объектов.
- б) присуще всем объектам;**
- в) присуще только системам;
- г) неизменная характеристика объекта.

41. Связь:

- а) объединяет элементы и свойства в целое;**
- б) это способ взаимодействия входов и выходов элементов;
- в) это то, без чего нет системы;
- г) ограничивает свободу элементов;

42. Стратификация системы (проблемы) предназначена для:

- а) более краткого описания системы (проблемы);**
- б) детализации описания системы (проблемы);
- в) простоты описания системы (проблемы);
- г) представления системы (проблемы) в виде совокупности моделей разного уровня абстракции.

43. Проектирование системы в виде слоев производится для:

- а) организации управления и принятия решения в сложных системах;
- б) распределения уровней ответственности при принятии решений;**
- в) простоты описания системы управления;
- г) повышения точности управления.

44. При организации системы в виде эшелонов:

- а) элементы системы всех уровней имеют полную свободу в выборе их собственных решений;
- б) повышается эффективность ее функционирования;
- в) элементы системы принимают решения только на основании целей, заданных вышестоящими элементами;**
- г) горизонтальные связи с элементами одного уровня иерархии сильнее вертикальных связей.

45. Эффективность структур оценивается:

- а) живучестью;
- б) точностью;
- в) оперативностью;**
- г) объемом.

46. Положительная обратная связь:

- а) всегда усиливает влияние входных воздействий на выходные переменные;
- б) всегда увеличивает значение выходной переменной;
- в) ускоряет переходные процессы;**
- г) усиливает влияние нестационарности.

47. Отрицательная обратная связь:

- а) замедляет переходные процессы;
- б) уменьшает влияние помех на систему;

в) всегда уменьшает отклонение выходных переменных;

г) всегда уменьшает значение выходной переменной.

48. Примерами положительной обратной связи являются:

а) рост живых клеток;

б) ядерная реакция;

в) спрос и предложение на рынке;

г) паника.

49. Примерами отрицательной обратной связи являются:

а) температур тела;

б) езда на велосипеде;

в) регулирование ассортимента;

г) уверенность в себе.

50. Потребность:

а) является следствием проблемы;

б) является причиной проблемы;

в) вытекает из желания;

г) формируется из цели.

51. Желание – это:

а) объективная потребность;

б) субъективная потребность;

в) осознанная потребность;

г) разность между потребностью и действительностью.

52. Проблема:

а) является следствием потребности;

б) является следствием желания;

в) является следствием цели;

г) появляется при неизвестном алгоритме решении задачи.

53. Цель – это:

а) вариант удовлетворения желания;

б) любая альтернатива при принятии решения;

в) то, что позволит снять проблему;

г) модель будущего результата.

54. Цель имеет следующие особенности:

а) цель порождает проблему;

б) всегда несет в себе элементы неопределенности;

в) цель является средством оценки будущего результата;

г) выбор цели сугубо субъективный.

55. Цель при анализе объекта:

а) выявить способы устранения проблемы;

б) выявить наличие противоречий;

в) выявить причины возникновения проблемной ситуации;

г) выявить место противоречий.

56. Цель при описании объекта:

а) выявить место возникновения проблемной ситуации;

- б) представить проблемную ситуацию в виде, удобном для анализа;
- в) разрешить проблемную ситуацию с помощью нового объекта;
- г) поддержание функционирования объекта в соответствии с заданием.

57. Превращение проблемы в проблематику необходимо:

- а) для оценки ограничений на управление;
- б) при оценке степени достижения цели;
- в) для учета интересов всех окружающих систем;
- г) при формулировке цели.

58. При формулировке цели возможны следующие опасности:

- а) смешение целей;
- б) замена целей критериями;
- в) подмены целей средствами;
- г) изменение проблемы.

59. Для цели характерно:

- а) замена ее желанием;
- б) изменение ее во времени;
- в) влияние ценностей на цели;
- г) отказ от достижения цели.

60. Критерий является:

- а) количественной модель цели;
- б) качественной модель цели;
- в) инструментом оценки альтернатив;
- г) инструментом оценки степени достижения цели.

61. Входные переменные подразделяются на:

- а) управляющие переменных;
- б) выходные переменные;
- в) помехи;
- г) детерминированные переменные.

62. Что лежит в основе принципа разомкнутого (программного) управления:

- а) идея автономного воздействия на систему вне зависимости от условий ее работы;
- б) воздействие на конкретный объект внутри системы;
- в) разработка алгоритма программы управления объектом;
- г) идея компенсации возмущений вызванных воздействием на объект;
- д) идея программирования изменения во времени состояния системы.

63. Что лежит в основе принципа разомкнутого управления с компенсацией возмущений:

- а) фиксация информации о внешних возмущениях и контроль отклонений параметров системы;
- б) использование корректирующего управления на систему;
- в) ликвидировать нерегулируемое воздействие возмущений на движение;
- г) использование программного управления на систему;

д) идея автономного воздействия на систему вне зависимости от условий ее работы.

64. Что лежит в основе принципа замкнутого управления:

а) выбор оптимального поведения системы при известном её поведении в конкретный момент времени;

б) реализация управления путем введения обратной связи;

в) разработка алгоритма программы управления объектом;

г) решение задач управления путем введения отрицательной обратной связи;

д) фиксация информации о внешних возмущениях и контроль отклонений параметров системы.

65. Что лежит в основе метода дуального управления:

а) использование управляющих сигналов, реакция на которые заранее определена;

б) использование дополнительных сигналов, реакция на которые заранее определена;

в) команды управления подаются из разных источников;

г) использование обратной связи;

д) использование дуальных идентичных сигналов при воздействии на один объект.

66. К какому классу систем относятся «Самонастраивающиеся системы»:

а) аналитические системы;

б) адаптивные системы;

в) искусственный интеллект;

г) экспертные системы;

д) самоорганизующиеся системы.

67. Что лежит в основе принципа однократного управления:

а) однократное использование обратной связи;

б) принятие некоторого решения, последствия которого длятся недолго;

в) использование функционала в качестве критерия;

г) идея однократного воздействия на систему вне зависимости от условий ее работы;

д) принятие некоторого решения, последствия которого сохраняются длительное время.

68. Выберите правильную последовательность этапов теоретического исследования системы:

1) разработка модели системы и изучение ее динамики

2) определение состава управлений, ресурсов и ограничений

3) анализ назначения системы и выработка допущений и ограничений

4) выделение системы из среды и установление их взаимодействий

5) выработка концепции и алгоритма оптимального управления

6) назначение цели как требуемого конечного состояния

7) избрание принципа управления

8) выбор совокупности критериев и их ранжирование посредством использования системы предпочтений

- а) 3 5 6 4 1 2 7 8;
- б) 1 2 3 4 5 6 7 8;**
- в) 4 3 1 7 2 8 6 5;
- г) 8 7 3 2 1 6 5 4;
- д) 7 3 1 2 4 5 6 8.

69. Каким образом осуществляется структуризация среды:

- а) путем внесения в нее порядка;
- б) путем использования функционала в качестве критерия;
- в) путем внесения в нее дополнительных элементов;
- г) путем внесения в нее обратной связи;**
- д) путем внесения в нее алгоритма программы управления объектом.

70. Что подразумевается под устойчивостью системы:

- а) свойство системы использовать сохраненное состояние для возврата к нему после какого-либо воздействия;
- б) способность системы развиваться в условиях нехватки ресурсов;
- в) степень упорядоченности её элементов;
- г) свойство системы возвращаться в прежнее или близкое к нему состояние после какого-либо воздействия на неё;**
- д) внутренне единство элементов системы.

71. На каком этапе жизненного цикла происходит процесс самоорганизация системы:

- а) внедрение;
- б) проектирование;
- в) планирование и анализ требований;
- г) эксплуатация;**
- д) реализация;
- е) во время всего жизненного цикла системы.

72. Выберите правильную последовательность жизненного цикла системы:

- а) 3 2 5 1 4;
- б) 2 3 1 4 5;
- в) 1 3 2 5 4;
- г) 3 2 1 5 4;**
- д) 5 4 1 2 3.

73. Что можно предпринять при создании системы в неорганизованной неподготовленной для её существования среде:

- а) использовать корректирующего управления на систему;
- б) можно начать сеять «зубы дракона», которые прорастая, послужат вам элементами будущей системы;
- в) ограничить влияние среды на создаваемую систему;
- г) реализация управления путем введения обратной связи;
- д) можно преобразовать среду, превратив её в организованную, способную воспринять новую систему.**

74. Дайте верное определение системы:

- а) совокупность связей между объектами;
- б) совокупность элементов и связей между ними, приобретающая свойства неприсущие ее элементам по отдельности;**
- в) некоторая последовательность элементов;
- г) совокупность объектов, связи между которыми усиливают их свойства;
- д) совокупность не связанных между собой объектов.

75. В чем суть системного подхода:

- а) рассмотрение объектов как систем;**
- б) декомпозиция системы на объекты;
- в) объединение подсистем в единую систему;
- г) рассмотрение систем как объектов;
- д) выявление связей между системами.

76. Выделите верное определение целостности системы:

- а) внутреннее единство, несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов;**
- б) внесение порядка в систему;
- в) свойство системы возвращаться в прежнее или близкое к нему состояние после какого-либо воздействия на неё;
- г) совокупность элементов;
- д) свойство системы, характеризующее ее соответствие целевому назначению.

77. Дайте определение эффективности системы:

- а) свойство системы возвращаться в исходное состояние;
- б) свойство системы, характеризующее ее соответствие целевому назначению в определенных условиях использования и с учетом затрат на ее проектирование, изготовление и эксплуатацию;**
- в) характеристика системы, указывающая степень воздействия каждого элемента на систему в целом;
- г) характеристика системы, при которой все элементы обладают рядом общих свойств;
- д) внутреннее единство, принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов;

78. Закончите фразу: «Для поддержания целостности системы в условиях изменяющейся среды и внутренних трансформаций (случайных или преднамеренных)требуется особая организация системы, обеспечивающая ее ...»:

- а) самоорганизацию;
- б) бифуркацию;
- в) структуризацию;
- г) устойчивость;**
- д) целостность.

79. Какова цель создания системы:

- а) преобразование окружающей среды;
- б) организация объектов в единое целое;

- в) объединение элементов с общими свойствами;
- г) воплощение определенных свойств в системе;
- д) все указанные выше варианты;

80. Говоря о системе подразумевают:

- а) только объект управления;
- б) только управляющую систему;
- в) объект управления и управляющую систему;
- г) объект управления и управляющую им систему, предполагая, что система управляется;
- д) локализованную управляющую часть.

81. Описание системы представляет собой:

- а) выражение ее содержания через выполняемые функции;
- б) назначение системы;
- в) описание свойств ее элементов;
- г) выделение ее элементов;
- д) описание связей элементов.

82. В каких случаях целесообразно использовать модель:

- а) для отражения планируемых свойств;
- б) когда оригинал заведомо дешевле стоимости модели;
- в) при недоступности оригинала для испытаний;
- г) при необходимости смоделировать поведение системы в длительном периоде;
- д) всегда.

83. Выберите классификационные признаки модели:

- а) дуальное управление;
- б) степень детализации модели;
- в) способность самоорганизации;
- г) реализация принципа замкнутого управления;
- д) деление по функциональным качествам системы.

84. Выберите правильное определение состояния системы:

- а) совокупность состояний, обобщающих все возможные изменения системы в процессе функционирования;
- б) набор показателей системы в конкретный момент времени;
- в) связи между объектами системы, однозначно характеризующие их последующие изменения;
- г) совокупность параметров, характеризующих функционирование системы, которая однозначно определяет ее последующие изменения;
- д) ни одно из указанных выше.

85. В чем заключается основная идея кибернетики:

- а) сходство структур и функций у систем управления различной природы;
- б) сходство элементов системы;
- в) наличие определенной цели у системы;
- г) различие функций у различных систем;
- д) ни один из вариантов неверный.

86. Каково назначение имитационных моделей?

- а) служат «заместителем» оригинала;
- б) служат для отображения взаимодействия, между элементами внутри исследуемого объекта;
- в) описывают в общем виде преобразование информации в системе;
- г) наполняются математическим содержанием;
- д) обеспечивают выдачу выходного сигнала моделируемой системы, если на ее взаимодействующие подсистемы поступает входной сигнал.

87. Критериями эффективности называют:

- а) количественные критерии, позволяющие оценивать результаты принимаемых решений;
- б) качественные критерии, позволяющие оценивать результаты принимаемых решений;
- в) информация о проделанной системой работе;
- г) показатели, служащие для оценки работы системы;
- д) качественные критерии, позволяющие оценить соответствие модели исследуемому объекту.

88. Что понимают под структурой системы:

- а) совокупность связей системы;
- б) построение элементов системы;
- в) совокупность функциональных элементов системы, объединенных связями;
- г) совокупность элементов системы;
- д) совокупность выходных параметров.

89. Дайте определение связи:

- а) свойство (или свойства) множества объектов и (или) событий, которыми они (объекты) не обладают, если взять их по отдельности;
- б) способ объединения объектов системы;
- в) взаимодействие между объектами;
- г) группировка объектов по определенному признаку;
- д) последовательность объектов, определяющая их роль в системе.

90. Что такое стратификация среды:

- а) принцип использования программного управления на систему;
- б) принцип, в котором к описанию среды следует подходить как к иерархической структуре;
- в) принцип выбора оптимального поведения системы при известном её поведении в конкретный момент времени;
- г) принцип ликвидации нерегулируемого воздействия возмущений на движение;
- д) принцип использования управляющих сигналов, реакция на которые заранее определена.

91. Простейшая единица системы:

- а) объект, выполняющий определенные функции и не подлежащий разделению в рамках поставленной задачи;
- б) часть системы, состоящая из нескольких подсистем;

- в) объект, служащий для связи подсистем в системе;
- г) функция системы;
- д) объект, обуславливающий различие или сходство системы с другими системами.

92. Управление – это:

- а) воздействие на возмущающие переменные;
- б) воздействие на объект для достижения заданной цели;
- в) воздействие на выходную переменную;
- г) изменение структуры объекта.

93. Для управления используются ресурсы:

- а) людские;
- б) финансовые;
- в) информационные;
- г) энергетические.

94. Цель управления может ставиться:

- а) органом целеполагания;
- б) объектом управления;
- в) субъектом управления;
- г) окружающей средой.

95. Без математической модели можно обойтись при решении задачи:

- а) стабилизации;
- б) программного управления;
- в) поискового управления;
- г) оптимального управления.

96. Математическая модель обязательно необходима при:

- а) оптимизации;
- б) экстремальном регулировании;
- в) оптимальном управлении в динамике;
- г) стабилизации.

97. Что бы система управления считалась автоматизированной необходимо:

- а) наличие компьютеров;
- б) людей;
- в) Интернет;
- г) компьютерных сетей.

98. В автоматизированной системе управления можно обойтись без человека:

- а) при принятии решения;
- б) при сборе данных;
- в) при вводе данных;
- г) при обработке данных.

99. Без обратной связи можно обойтись при:

- а) стабилизации;
- б) экстремальном регулировании;

в) оптимизации;

г) программном управлении.

100. Разомкнутая система управления отличается:

а) высокой надежностью;

б) высокой точностью управления;

в) высокой скоростью реакции на возмущение

г) простотой реализации.

101. Замкнутая система управления отличается:

а) высокой надежностью;

б) высокой точностью управления;

в) высокой скоростью реакции на возмущение

г) простотой реализации.

102. Какой из законов регулирования отличается точностью управления:

а) позиционный;

б) пропорциональный;

в) дифференциальный;

г) интегральный.

103. Какой из законов регулирования отличается повышенной чувствительностью:

а) позиционный;

б) пропорциональный;

в) дифференциальный;

г) интегральный.

104. Какой из законов регулирования можно использовать при управлении по возмущению:

а) позиционный;

б) пропорциональный;

в) дифференциальный;

г) интегральный.

105. Какой из законов регулирования можно использовать при управлении по отклонению:

а) позиционный;

б) пропорциональный;

в) дифференциальный;

г) интегральный.

106. Какой из законов регулирования можно использовать при управлении по заданию:

а) позиционный;

б) пропорциональный;

в) дифференциальный;

г) интегральный.

107. Задача экстремального регулирования отличается от задачи оптимизации:

а) отсутствием критерия управления;

б) отсутствием ограничений;

в) отсутствием модели объекта;

г) многократностью определения оптимального значения управления.

108. Целью задачи оптимального управления является:

а) определения значения управляющего воздействия, приводящего к оптимуму критерий;

б) достижение оптимума критерия управления;

в) выполнение ограничений;

г) компенсация возмущений.

109. Ограничения первого рода в оптимальном управлении – это:

а) ограничения на ресурсы;

б) ограничения на возмущения;

в) ограничения, связанные с динамическими свойствами объекта управления;

г) нижняя граница значения управленческого воздействия.

110. Ограничения второго рода в оптимальном управлении – это:

а) верхняя граница значения управленческого воздействия;

б) ресурсные ограничения;

в) ограничения на помехи;

г) физические ограничения

111. При многокритериальной оптимизации:

а) имеется единственное решение;

б) имеются много решений;

в) нельзя найти решение;

г) решение можно найти при дополнительной информации заказчика.

112. Область Парето – это:

а) множество решений на границе ограничений;

б) верхняя граница значений критериев;

в) нижняя граница значений критериев;

г) наибольшее значение управляющего воздействия.

113. При решении задачи многокритериальной оптимизации выбирается наиболее важный критерий, а остальные критерии:

а) отбрасываются;

б) принимают максимальные значения;

в) принимают вид ограничений;

г) принимают минимальные значения.

114. При решении задачи многокритериальной оптимизации частные критерии суммируются, при этом критерии умножаются на весовые коэффициенты, которые:

а) показывают важность критерия;

б) повышают точность решения задачи

в) масштабируют критерии;

г) сокращают область ограничений.

115. Адаптация – это:

а) процесс изменения параметров системы;

- б) процесс выбора критериев функционирования;
- в) процесс изменения окружающей среды;
- г) процесс изменения структуры системы.

116. Адаптация – это:

- а) процесс приспособления к окружающей среде;
- б) процесс изменения окружающей среды;
- в) процесс выбора оптимального значения управляющего воздействия;
- г) процесс изменения возмущающего воздействия.

117. Сложная система отличается:

- а) «нетерпимостью» к управлению;
- б) детерминированностью;
- в) каузальностью;

г) нестационарностью.

118. Самонастраивающаяся система связана:

- а) со структурной адаптацией;
- б) с параметрической адаптацией;
- в) с адаптацией целей управления;
- г) с адаптацией объекта управления.

119. Динамическая система может находиться в следующих режимах:

- а) переходном;
- б) периодическом;
- в) каузальном;

г) равновесном.

120. Устойчивая система после снятия возмущения:

- а) возвращается к установившемуся состоянию;
- б) переходит к новому установившемуся состоянию;
- в) переходит к новому равновесному состоянию;

г) возвращается к циклическому режиму.

121. Для то чтобы гомеостатическая система была устойчивой необходимо:

- а) степень неустойчивости каждого антагониста не должна превышать определенное критическое значение;
- б) стохастичность каждого антагониста не должна превышать определенное пороговое значение;
- в) несимметрия воздействий, прикладываемых к антагонистам, не должна превышать определенного критического предела несимметрии;
- г) несимметрия параметров антагонистов не должна превышать определенного критического предела несимметрии.

СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ ПО КУРСУ «СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ»

Абзац – это самая мелкая композиционная часть текста, выражающая логически завершённую мысль. Графически она обозначается отступом в начале первого предложения, что называется «красной строкой». Благодаря абзацному делению текст делается легко читаемым. Правильное деление текста на абзацы показывает умение студента логически мыслить, системно воспринимать весь текст.

Абстрагирование – мыслительная операция (процесс), состоящая в способности отвлекаться от конкретных фактов, ситуаций, некоторых характеристик (свойств, отношений) изучаемых предметов и одновременно выделять, вычленять интересующие свойства и отношения. Студент пользуется изолирующим абстрагированием (анализ и синтез) и обобщающим абстрагированием (категориальный синтез, обобщение, выработка заключения и получение выводов). Роль абстрагирования в выполнении исследовательских работ растёт от курса к курсу, значимость этого процесса также зависит от степени теоретичности проблемы (темы).

Автореферат – предельно сжатое изложение текста своей собственной работы, представленной к защите. Для студента – это текст выступления (доклада) на защите курсовой или дипломной работы. В автореферате студент проводит самоанализ работы, кратко описывает научный аппарат, пути решения поставленной проблемы и полученный результат.

Адаптивная система - кибернетическая система, способная сохранять достигать цели управления при непредвиденных изменениях свойств управляемой подсистемы, цели управления или условий среды. По способам адаптации подразделяются на самонастраивающиеся системы, самообучающиеся системы, самоорганизующиеся системы.

Аксиома (в теории формальных систем) - формула, которая признаётся принадлежащей формальной теории в отсутствие доказательства.

Алфавит (в теории формальных систем) - множество символов, используемых в формулах данной формальной системы.

Альтернатива - вариант, одна из двух и более возможностей; то, что можно иметь или использовать вместо чего-то еще. На множестве альтернатив осуществляется принятие решений.

Анализ (от греч. расчленять) – мысленное или реальное разделение целого на части, до недавнего времени – синоним научного исследования вообще.

Анализ документов – метод исследования, при котором источником информации служат текстовые сообщения, содержащиеся в любых документах: протоколах, докладах, резолюциях и решениях, публикациях газет, журналов, в письмах, художественных произведениях, иллюстрациях.

Аспектация – это авторская точка зрения на рассматриваемый круг вопросов, фактов или явлений. Аспектация является одним из основных

структурных элементов любого научного произведения наряду с композицией и рубрикацией.

Аттрактор - точка или связное множество точек фазового пространства, к которому сходятся все фазовые траектории системы, отвечающие заданному (определяющему аттрактор) начальному условию. Если система попадает в поле притяжения определенного аттрактора, то она неизбежно эволюционирует к этому относительно устойчивому состоянию.

Безразличное равновесие - состояние системы, все фазовые траектории в окрестности которого в достаточно близком будущем не являются расходящимися и, хотя бы некоторые не являются сходящимися.

Большая система- система, которая вследствие многочисленности элементов и связей между ними не может быть представлена математически, но допускающая декомпозицию на представимые подсистемы.

Вербальное определение - определение с использованием изобразительных средств естественного языка.

Верификация – подтверждение научной теории всем множествам эмпирических фактов, которые к ней относятся.

Вероятностное знание – предположительное знание, требующее эмпирического подтверждения, обращения к фактам.

Виды (жанры) научной литературы – условно вся научная литература подразделяется на теоретические, методологические и справочные издания. Теоретические – тезисы, научные и научно-популярные статьи, монографии, авторефераты диссертаций, научные отчёты. Методологические – учебники и учебные пособия, хрестоматии, методические разработки, инструкции, рекомендации, а также нормативные документы (планы, положения, уставы и др.).

Виды анализа – это специфика применения анализа при изучении теоретического и эмпирического материала. Различают следующие виды анализа: системный, критический, функциональный, проблемный, структурный, аспектный, голографический, понятийный, герменевтический, контент-анализ и др. Кроме того, выделяют количественный (статистический) и качественный (содержательный) анализ.

Виды заключения – выводы, резюме и собственно заключение.

Виды исследования – различают три вида студенческих исследований: теоретические, эмпирические и смешанные. В свою очередь, в каждом из перечисленных видов есть свои виды. Виды теоретических работ – это исторические и методологические исследования; виды эмпирических исследований – экспериментальные и опытно-практические (обобщение опыта работы). Смешанный тип исследований включает в себя самые разнообразные сочетания видов исследований: историко-методологический, теоретико-экспериментальный и др. Студенту следует определить, какой вид исследования он проводит, поскольку от этого зависит разработка научного аппарата исследования и интерпретация фактов.

Виды конспектирования – различают выборочное и сквозное, репродуктивное и продуктивное конспектирование. Выбор видов конспектирования научной литературы зависит от задач исследования, от степени соответствия содержания

Виды приложений – это копии планов работы, уставов, положений, отчётов; выписки из решений и постановлений; фотоснимки, схемы, эскизы, характеризующие ситуации, явления, описываемые в работе. Это также описание методов исследования – тесты, вопросники, схемы анализа. В качестве приложения может быть составлен глоссарий самой работы. Могут быть и другие виды приложений.

Виды противоречий – любое противоречие, снятию которого посвящается исследовательская работа студента, может быть отнесено к тому или иному виду. Так, различают противоречия исторические, психологические, педагогические, социальные, а также межпредметные. Выделяются противоречия внешние (несоответствие между потребностями той или иной социальной группы и возможностями их удовлетворения) и внутренние (противоречие между требованиями к качеству социального обслуживания и условиями их реализации). Есть противоречия между общим и частным компонентами, между частными компонентами изучаемого явления. Различают противоречия разрешимые и неразрешимые при данном состоянии науки и практики. Последним видом противоречий студент не занимается.

Внешние функции – это функции, в которых находит отражение системный эффект или системное качество, то есть они могут быть присвоены только всей системе. Это, прежде всего, главная полезная функция системы (ГПФ) и дополнительные функции (Д), при выполнении которых система также совершает полезные действия, как бы дополняющие главное действие.

Внешняя среда – часть множества не входящих в систему элементов, которые могут влиять на поведение системы или подвергаться ее влиянию.

Внутренняя функция – это функции элементов системы, среди которых, прежде всего, нужно выделить (О) и вспомогательные (В) полезные функции. Кроме того, элементы системы и вся система могут выполнять вредные (Вр) и нейтральные (Н) функции.

Вход системы - это связь системы с окружающей средой, направленная от среды в систему; то, что преобразуется системой в выход.

Выбор методов исследования студент совершает дважды. Во-первых, при изучении литературы. В зависимости от проблемы, цели и задач исследования, а также гипотезы он отбирает методы различного анализа научных текстов, обобщения, схематизации и т.д. Во-вторых, при изучении практики отбираются другие методы: наблюдение, эксперимент, опрос и др.

Выбор средств исследования если под средствами понимать материализованные объекты, способствующие получению нужной информации, то студенту необходимо серьёзно подумать, как полнее

использовать возможности аудиовизуальной техники, компьютера и оргтехники. Технологизация исследований неизбежна. Применение указанных средств способствует ускорению, упорядочиванию и получению дополнительной информации. Это также показатель применения высоких технологий в индивидуальной исследовательской работе.

Выход системы – это связь системы с окружающей средой, направленная от системы к среде; продукт системы; то, во что преобразуются входы (материальная продукция, удовлетворение потребностей).

Генетический метод – метод исследования явлений, фактов, поведения и личностных качеств людей, состоящий в отслеживании динамики их развития с момента возникновения (зарождения). С помощью этого метода изучается происхождение явлений и качеств, выявляются причины их изменений. Генетический метод позволяет устанавливать этапы (стадии) развития, выявлять тенденции преобразования.

Гомеостаз - состояние самоорганизующейся системы, в котором значения переменных системы поддерживаются в пределах их допустимых значений, при которых сохраняется структура системы, за счёт протекающих в ней процессов управления.

Гомоморфизм (в теории систем) - логико-математическое понятие, означающее одностороннее отношение подобия между двумя системами. Систему называют гомоморфной другой системе, если первая обладает некоторыми, но не всеми, свойствами или законами поведения другой.

Граница системы – пределы, до которых распространяется в системе информация; поверхность в пространстве моделируемой ситуации, разделяющая саму систему и окружающую среду.

Действие – это внешнее проявление свойств одного материального объекта, состоящее в изменении свойств другого материального объекта.

Декомпозиция - метод исследования систем, состоящий в её разделении на элементы, каждый из которых обладает свойствами системы, и последующем независимом изучении каждого из этих элементов.

Декомпозиция – операция разделения целого на части с сохранением признака принадлежности и подчиненности, результатом чего является создание древовидных иерархических структур.

Дерево целей (ДЦ) – представляет собой связные графы, вершины которого интерпретируются как цели, а ребра или дуги – как связи между ними. В программно-целевом планировании (когда цели плана связываются с ресурсами с помощью программ), ДЦ выступает как схема, показывающая членение общих (генеральных) целей народнохозяйственного плана или программы на подцели, последних – на подцели следующего уровня и т.д.

Дескриптивная интерпретация – описание понятий, которые используются при построении теоретической модели.

Дескриптивное исследование – исследование, построенное на простом описании изучаемого объекта.

Дескриптивное определение - определение, содержащее идентифицирующие признаки (указания на отличия или особенности) класса объектов, соответствующих определению.

Дефиниция – смысловое определение понятия, установление специфики его употребления в тексте. Одно понятие может иметь разные дефиниции, разные функции, выполняемые в теории и практике. Используя понятие, мы всегда имеем в виду его конкретную функцию (смысл). Студент должен дать дефиниции тех понятий, которыми он оперирует, т.е. определить смыслы, вкладываемые в них.

Диагностические методы – представляют собой хорошо отработанные приемы массового обследования предприятий и органов управления в целях усовершенствования форм и методов их работы (например, экономико-математические методы).

Диалектический метод – это метод научно обоснованного и логически верного доказательства истины. При этом учитываются всесторонние связи исследуемого явления с внешней средой.

Диссипативные структуры - структуры, возникающие в неравновесных состояниях системы в результате её самоорганизации при условии постоянного взаимодействия самоорганизующейся системы с внешней средой.

Достижимость - характеристика системы управления, отражающая способность управляющей подсистемы достичь требуемых характеристик выходного сигнала управляемой подсистемы.

Задача – информационная копия реальной (или идеальной) системы, функционирование которой не соответствует представлениям (моделям) надлежащего (требуемого) функционирования в текущем пространстве и времени для решателя.

Закон – познание людьми, устойчивое, необходимое, существенное, повторяющееся отношение (связь) явлений, событий, фактов и т.д.

Закон “энергетической проводимости” системы: необходимым условием принципиальной жизнедеятельности системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.

Закон неравномерного развития: развитие частей и характеристик системы происходит неравномерно. Чем сложнее система, тем неравномернее развитие.

Закон перехода систем на микроуровень: развитие рабочего органа системы идет сначала на макро-, а затем на микроуровне.

Закон повышения динамичности и управляемости систем: “жесткие” системы для повышения должны становиться динамичными, то есть переходить к более гибкой, быстро меняющейся структуре и к режиму работы, подстраивающемуся под изменения внешней среды.

Закон полноты частей системы: необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.

Закон согласования - рассогласования систем: в процессе развития системы происходит согласование или целенаправленное рассогласование ее элементов и параметров между собой или с параметрами окружающей среды с целью повышения ее идеальности.

Законы развития отражают механизмы качественного преобразования систем, раскрывают пути возможных переходов от одного качества к другому.

Законы функционирования отражают взаимодействие элементов, пространственно-временные и причинно-следственные связи между ними, взаимодействие системы с окружающей средой. Эти законы вытекают из фундаментальных законов природы и изучаются естественными науками.

Знание - информация о связях между переменными исследуемой системы, используемая для предвидения её реакции на внешние воздействия.

Изоморфизм - логико-математическое понятие, означающее отношение взаимного подобия двух систем.

Имитационное моделирование - процесс разработки математических моделей реальных объектов в случае, когда цели последующего использования моделей не вполне определены. Как правило, имитационное моделирование предполагает постановку многочисленных вычислительных экспериментов на математических моделях и последующую статистическую обработку полученных результатов.

Интерпретация - отношение, отображающее формулы одной формальной системы на формулы другой формальной системы; отношение, отображающее формулы формальной системы на переменные и связи реальной системы.

Исчисление предикатов - формальная система, интерпретируемая в логические законы, связывающие объекты исследования с отношениями между этими объектами. Символам исчисления предикатов в их интерпретации приписывается смысл предметных переменных (соответствующих объектам), предикатных переменных (соответствующих высказываниям), знаков логических операций и порядка их выполнения, кванторов (обозначающих понятия «любой» и «некоторый»). Доказано, что исчисление предикатов, равно как и любая формальная система, содержащая теорию исчисления предикатов в составе своей формальной теории, может использоваться в качестве метаязыка любой формальной системы, в том числе самого исчисления предикатов.

Иерархия – расположение частей или элементов системы в порядке от высшего к низшему; расположение служебных должностей в порядке их подчинения.

Информация – результат отражения одного объекта другим, допускающий свое количественное описание и измерение.

Имитационное моделирование - процесс разработки математических моделей реальных объектов в случае, когда цели последующего использования моделей не вполне определены. Как правило, имитационное

моделирование предполагает постановку многочисленных вычислительных экспериментов на математических моделях и последующую статистическую обработку полученных результатов.

Интерпретация - отношение, отображающее формулы одной формальной системы на формулы другой формальной системы; отношение, отображающее формулы формальной системы на переменные и связи реальной системы.

Качественный анализ – метод интерпретации эмпирических данных, в том числе отдельных фактов, событий, статистики, состоящий в словесном описании причин, характера протекания, установлении зависимостей с другими фактами и последствий.

Кейс-стади– глубинное, детальное исследование одного объекта, имеющего чёткие временные и пространственные границы. Цель – изучение его уникальной структуры, выявление скрытых пружин его функционирования, совокупности его взаимосвязей как системы или динамики его развития. Результаты имеют, как правило, прикладной характер как рекомендации относительно данного феномена, а также других объектов, относящихся к этому же классу и находящихся в сходных условиях.

Кибернетика (от греч. управлять) – наука об управлении в системах произвольной природы.

Кибернетическая система - система, рассматриваемая с точки зрения протекающих в ней информационных процессов управления.

Классификация методов исследования – это разделение методов исследования по источникам познания. В реферативных, курсовых и дипломных работах используют разделение на три группы методов: теоретические, т.е. методы изучения теории в её различных видах и формах; эмпирические, т.е. методы изучения практики, и методы анализа материала, полученного в ходе теоретического и эмпирического познания, - количественные (статистические) и качественные (содержательно-смысловые).

Количественный анализ – это метод выражения фактов, событий, признаков в числовых характеристиках. С его помощью определяются проценты присутствия или отсутствия чего-либо, индексы, ранги и др.

Компетентность – уровень квалификации и профессионализма. Она определяется мобильностью сознания, способностью к постоянному обновлению знаний, широтой кругозора, умением самостоятельно применять методы исследований, выбирать оптимальные варианты решения проблемы и честным отношением к делу. Эти качества можно определить при анализе и рецензировании исследовательских работ студента. Оценивание диплома, курсовой или реферата – это оценивание уровня компетентности будущего специалиста решать те или иные вопросы профессиональной деятельности.

Компиляция – несамостоятельность при выполнении реферата, курсовой или дипломной работы, списывание либо с научных источников, либо с чьей-то ранее выполненной работы.

Композиция – это построение научного произведения, обусловленное его содержанием, характером и назначением. Как правило, научное произведение содержит две взаимосвязанные части: описательную (обзорную) и основную. В описательной части произведения отражается ход научного исследования, в основной – автор обосновывает актуальность научного исследования, формулирует предмет и избранный метод исследования, излагает историю вопроса (при необходимости) и ожидаемый результат.

Конкретизация – это метод доказательства какой-либо теоретической посылки, идеи, положения, состоящий в их подтверждении примером из практики, из опыта, данными проведенного эксперимента.

Конспект – краткое изложение содержания письменного источника. В конспекте отражаются основные положения изучаемых работ, необходимые для описания предмета исследования. Конспектирование является способом изучения теоретических источников, оно необходимо при написании теоретической части исследования.

Конструктивное определение – определение, содержащее генетические признаки (указания на способ возникновения или создания) класса объектов, соответствующих определению.

Концептуальный анализ – вид анализа устного или письменного текста, состоящий в поиске и определении исходной концепции, на которую опирался автор текста, или в критическом оценивании изучаемого текста с позиций какой-либо концепции.

Корреляционный анализ – метод установления взаимосвязей, взаимовлияний и взаимозависимостей независимых и зависимых переменных в эксперименте. С его помощью устанавливается, как изменение одних показателей влечёт за собой изменение других.

Критерий – средство для вынесения суждения; стандарт для сравнения; правило для оценки; мера степени близости к цели; модель цели.

Критический анализ – это оценивание достоинств и недостатков авторских положений, идей, выводов на основе их соответствия взглядам исследователя или другим теориям и учениям по их практической значимости и результативности. Критический анализ требует от студента непредвзятого подхода к интерпретации анализируемого материала, его объективного и всестороннего оценивания. Он необходим при самооценке собственного исследования: с его помощью определяется качество решения поставленных задач и сила доказательств правильности гипотезы.

Лабораторный эксперимент – исследование какого-либо явления в искусственно созданных специальных условиях. В социальной работе проводится крайне редко.

Логичность изложения – соблюдение правил формальной логики при написании любой исследовательской работы, которые обеспечивают ясность, последовательность, непротиворечивость и обоснованность мыслей, изложенных в тексте.

Математические методы исследования – это методы обработки эмпирических данных, определяющие количество каких-либо свойств у объекта изучения или количество их повторения в ходе изучения. К ним относятся методы числового выражения наличия качества (математический расчет), его процентное соотношение с целостным явлением или другими качествами, вычисление среднеарифметической величины, определение дисперсии (отклонения от среднего) и коэффициента достоверности и др.

Метаязык – формальная система, используемая в качестве средства определения другой формальной системы.

Методика – организационный документ, основанный на совокупности методов, связанных общностью решаемой задачи. Методика выполняет функцию методической инструкции.

Методические рекомендации – систематизированный перечень действий, выполнение которых, по мнению автора и составителя, ведёт к достижению поставленной цели.

Методологическая культура исследования – это осознанное и грамотное отношение к существованию определённой методологии выполнения работы. Это также грамотное построение самой методологической основы, что предполагает её целостность, непротиворечивость, соответствие уровню развития науки, в рамках которой проводится исследование, и практики.

Методология – это: система принципов научного исследования; совокупность исследовательских процедур, техники и методов.

Методология исследования – наиболее широкое и общее знание о смыслах, направлениях и способах деятельности. К такому знанию при выполнении реферата, курсовой и дипломной работ относятся мировоззренческие основы, общие законы и принципы данной науки и методы исследования. Каждая научная, в т.ч. и учебно-исследовательская, работа выполняется в рамках определённой методологии.

Методы обработки эмпирических данных – методы их количественного и качественного описания. Количественное описание осуществляется с помощью математических методов и методов графического предъявления эмпирического материала, качественное – как интерпретация фактов и использование различных видов анализа.

Моделирование – процесс синтеза системы, гомоморфной исследуемой системе (объекту моделирования).

Модель (от лат. образец) – отображение: целевое, абстрактное или реальное, статическое или динамическое, ингерентное, конечное, упрощенное, приближенное, имеющее наряду с безусловно истинным

условно-истинное и ложное содержание, реализующееся и развивающееся в процессе его практического использования.

Модель «черного ящика» - модель, описывающая границу системы, только входы и выходы системы, но не внутреннее устройство системы.

Модель состава системы – модель, описывающая, из каких элементов и подсистем состоит система.

Модель структуры системы – модель, описывающая все связи (отношения) между элементами модели состава системы.

Монография – научная публикация в виде книги, излагающая исследование одной темы и её теоретическое описание. Это, как правило, сложная и актуальная тема, изученная глубоко и всесторонне, с учётом последних научных достижений.

Наблюдение – это эмпирический метод исследования, состоящий в преднамеренно организованном восприятии изучаемого объекта. При этом исследователь не вмешивается в естественный процесс деятельности (жизнедеятельности) объекта, но может участвовать в нём согласно своей роли. Различают прямое и косвенное (скрытое), сплошное и выборочное, простое и включённое, т. е. предполагающее соучастие в событиях, наблюдение. Используемое в научных целях, оно должно быть планируемым, систематичным и контролируемым. Применяется в эксперименте и обобщении опыта работы.

Научный аппарат исследования – это перечень последовательных действий, определяющих границы, направление и характер исследования. К числу таковых принадлежат определение актуальности темы, выявление противоречия, определение проблемы, формулировка цели, определение объекта и предмета исследования, разработка гипотезы, выработка задач, определение этапов, подбор методов и базы исследования, определение его методологической и теоретической основы. Процесс выработки этих действий называется проектированием исследования.

Научный руководитель – представитель кафедры, имеющий научную степень и опыт проведения исследований в данной области. Назначается для оказания помощи студенту, который выполняет самостоятельную работу (реферат, курсовая или дипломная). В функции научного руководителя входит оказание помощи в проектировании исследования, контроль над его ходом, качеством описания и др.

Нелинейные динамические системы - класс динамических систем, связи, между переменными которых принципиально не могут быть описаны в линейной форме без утраты присущих им существенных свойств. Диссипативные структуры являются нелинейными динамическими системами.

Неустойчивое равновесие - состояние системы, некоторые фазовые траектории в окрестности которого в достаточно близком будущем являются расходящимися.

Новация – частичное обновление научных знаний о практике, возможное благодаря исследовательской и учебно-исследовательской работе. Студент может дополнить имеющиеся в науке представления об объекте, изменить эти представления, опровергнуть их и т.д. Новации определяют научную новизну исследования, описание их даётся в выводах по главам и в заключении.

Обзор литературы – краткая реферативная характеристика источников, используемых в процессе исследования. Как правило, делается во Введении при описании актуальности темы в той её части, где речь идёт о степени её исследования в науке. Если же это осуществляется в специальных главах и параграфах, то проводятся либо специальные исторические экскурсы, либо – более глубокий анализ различных видов. Но это уже не обзор литературы.

Обобщение – интеллектуальный процесс, переход от мысли об индивидуальном к мысли об общем; от мысли об общем к мысли о более общем; от ряда фактов, ситуаций, событий к их отождествлению в каких-то свойствах, с последующим образованием множеств, соответствующих этим свойствам. Обобщение существует и как самостоятельная исследовательская деятельность. В этом случае обобщение может стать и целью, и методом, и объектом исследования.

Обратная связь - отношение, ставящее состояние управляющей подсистемы кибернетической системы в зависимость от значений выходных переменных её управляемой подсистемы.

Объект исследования - это та часть теории или практики, в рамках которой проводится исследование. Объект определяет его границы и целостность, внутри которой исследуется предмет с той функцией, какую он выполняет именно в этом объекте как его часть; носитель той или иной социальной проблемы или необходимой исследователю социальной информации.

Опрос – метод сбора первичной информации, основанный на устном или письменном обращении к определённой группе людей с вопросами, содержание которых представляет проблему исследования на эмпирическом уровне. Основные разновидности опроса: анкетирование (заочный опрос) и интервьюирование (очный опрос). В зависимости от источника информации различают опросы массовые и специализированные. Если основной источник информации – представители различных категорий трудящихся, чья профессиональная деятельность не связана непосредственно с предметом анализа – это массовый опрос. При специализированном опросе основной источник – компетентные люди, профессиональная деятельность которых имеет тесную связь с предметом изучения. Часто такой вид опроса имеет характер экспертного опроса.

Оптимальный – наилучший в заданных условиях. Оптимизация чего-либо – никогда не является целью, а только средством достижения цели.

Организованность - свойство системы, проявляющееся в изменении соотношения между нарастанием сложности системы и совершенствованием её структуры. Согласно Н. Винеру, количество информации в системе есть мера её организованности.

Оригинальность исследования – это качество, характеризующее самобытность, неповторимость, своеобразие, нестандартность исследования.

Отзыв – форма оценивания стиля и характера исследовательской деятельности студента, его отношения к работе, организационной культуре. Отзыв даётся научным руководителем.

Отношение - функция, отображающая значение своих аргументов на логическое (булево) значение.

Очень сложная система - система, в которой на современном уровне развития науки невозможно установить значительную часть структурных связей между её элементами в связи с их не вполне изученной физической природой, разнообразием и непредсказуемостью проявления. Как правило, возможности предсказания поведения и развития очень сложных систем весьма ограничены, однако некоторые (далеко не все и не всегда самые существенные) закономерности их функционирования поддаются познанию. Примеры очень сложных систем – экономика страны, биогеоценоз, человеческий мозг, глобальная вычислительная сеть.

Парадигма – (от греческого слова *paradeigma* – пример, образец) научно обоснованные суждения, положения, идеи, получившие всеобщее признание и ставшие основой организации практики и проведения исследований; модель постановки и решения проблемы.

Переходный процесс - процесс, характеризующийся фазовой траекторией, касательная к которой выходит за пределы допустимых значений некоторых переменных в достаточно малой окрестности некоторого момента времени. Особенность переходного процесса состоит в том, что он не может поддерживаться сколь угодно долго.

Периодический процесс - процесс, характеризующийся периодической повторяемостью значений некоторых фазовых переменных во времени.

Поведение - процесс изменения состояния системы с течением времени.

Понятийно-терминологический аппарат исследования – совокупность научно обоснованных терминов-понятий, используемых студентом в своём исследовании и при его описании в реферате, курсовой и дипломной работах. Понятия подразделяются по категориям: ключевые, и вспомогательные, которыми, описываются отдельные качества и признаки ключевых понятий.

Правило вывода (в теории формальных систем) - формальное правило получения новых теорем на основе формул, относительно которых уже известно, что они являются теоремами.

Практическая значимость исследования—определение востребованности результатов исследования.

Предикат - в логике один из двух терминов суждения, а именно тот, в котором что-то утверждается относительно предмета речи (субъекта); в математической логике и теории формальных систем - функция, значениями которой являются высказывания.

Предмет исследования – это «слабая» часть противоречия, вынесенная как проблема и составляющая цель исследования. Это то, что конкретно исследуется и преобразуется в исследовании. Это наиболее существенные свойства и отношения объекта исследования, познание которых особенно важно для решения проблемы исследования.

Представление знаний - область человеческой деятельности, связанная с преобразованием накопленных знаний в форму, допускающую их последующее использование без посредничества лиц, осуществивших данное преобразование (например, в процессе работы экспертной, советующей системы или компьютерной системы поддержки принятия решений).

Приложение – это информация, иллюстрирующая отдельные позиции проведённого исследования. В качестве такового могут выступать планы, протоколы, тесты и другой эмпирический материал. Приложение оформляется отдельно от работы и помещается в ее конце, после списка литературы.

Принцип комплексности - принцип тесной увязки решения экономических, социальных, политических и идеологических проблем. В теории систем подразумевает сочетание подходов, присущих разным научным дисциплинам, для изучения связей соответствующей природы, присутствующих в одной и той же сложной или очень сложной системе.

Принцип максимальной энтропии - принцип моделирования систем, состоящий в определении значений их ненаблюдаемых параметров, максимизирующих неопределённость состояния системы в рамках известных структурных связей между её переменными. Следование данному принципу позволяет объективно отразить степень неопределённости знания о данной системе и получить оценки её ненаблюдаемых параметров, наилучшим образом согласующиеся с имеющимся знанием и опытными фактами наблюдений поведения системы.

Принцип полного использования информации - принцип системного анализа, предназначенный для определения связей между переменными, или структурными элементами системы при котором следует использовать все доступные источники знаний об исследуемых связях, а значит, применять такие формализмы, которые позволяют представить знания всех имеющихся видов, в том числе неполные и неточные, с учётом их достоверности.

Принцип системности - принцип исследования реальных и идеальных объектов, предполагающий их представление в форме систем. Следование данному принципу требует выделять элементы исследуемой системы,

выявлять и изучать связи между элементами, представлять знания о выявленных связях в форме модели с последующим её использованием для синтеза новых объектов, обладающих желаемыми свойствами.

Принятие решения (выбор) – операция, входящая во всякую целенаправленную деятельность и состоящая в целевом сужении множества альтернатив, по возможности – до одной альтернативы.

Проблема (от греч. задача) – различают проблему развития – неудовлетворительное состояние системы, изменение которого к лучшему является непростым делом, и проблему функционирования – удовлетворительное состояние системы, сохранение которого требует постоянных и непростых усилий (проблема выживания, проблема функционирования городского транспорта).

Проблема исследования – различие между существующим, чаще всего нежелательным состоянием объекта или явления и желательным положением дел, выраженное научным языком. Это часть аппарата исследования, разрабатываемая на основе актуальности темы и выявленного противоречия. Проблема – это вопрос о том, как надо изменить «слабое» звено в противоречии и снять его.

Проблематика – совокупность проблем, неразрывно связанная с проблемой, подлежащей разрешению.

Проблемная ситуация – такая ситуация, когда неудовлетворительность состояния системы осознанна, но не ясно, что делать для его изменения.

Проблемность темы исследования – это такая её формулировка, которая содержит чётко обозначенный нерешённый вопрос. Делается это с помощью отглагольных существительных (например, «формирование»), союзной связки «как» (например: «наблюдение как метод»), а также за счёт принципиальной новизны темы.

Проблемный анализ – вид анализа теоретического или эмпирического материала с позиций вклада в решение какой-либо проблемы или позиций спорности, неочевидности авторских доказательств и выводов.

Проектирование исследования – это предварительная разработка его научного аппарата, плана проведения и описания в реферате, курсовой или дипломной работах.

Противоречие исследования – несоответствие развития составных частей какой-либо системы, процесса или ситуации, ведущее к нарушению их целостного и успешного развития. Это нарушенная связь между явлениями, компонентами, состояниями, свойствами. Из установленного противоречия вытекает проблема исследования.

Равновесие – данное понятие определяет способность системы в отсутствии внешних возмущений сохранять свое состояние неопределенно длительное время.

Равновесный процесс - процесс, характеризующийся фазовой траекторией, описываемой функцией, постоянной во времени (с точностью

до достаточно малой величины) относительно некоторых фазовых переменных. Особенность равновесного процесса состоит в длительном сохранении существенных характеристик системы независимо от изменений среды.

Развитие – это последовательное изменение состояний системы от некоторого зафиксированного момента времени. Характер этих изменений определяется процессами, идущими в системе, взаимодействием с окружающей средой. Изменения могут быть монотонными, скачкообразными, с повторением уже пройденных состояний (циклическое развитие).

Разнообразие - свойство систем, состоящее в их способности по-разному реагировать на одни и те же воздействия внешней среды. Данное свойство лежит в основе эволюционных процессов в живой природе, позволяя осуществлять отбор наиболее целесообразных реакций и, как следствие, закреплять в процессе эволюции структурные особенности, повышающие вероятность требуемых реакций.

Редактирование – вычитывание текста, поиск и исправление ошибок, неточностей, неясностей, несоразмерности его частей.

Резюме – форма выводов или заключения, состоящая в последовательном и кратком перечне основных положений главы или всей работы.

Репрезентативность – возможность применения результатов эмпирического исследования, проведенного на малых группах, в сходных группах большей численности. Это допустимость распространения выводов небольшого исследования на другие явления такого же класса. Чем выше репрезентативность, тем ценнее исследование.

Рецензия – краткий критический анализ и оценка реферата, курсовой и дипломной работ, даваемые оппонентами.

Самонастраивающаяся система - система, параметры или режимы функционирования которой закономерным образом изменяются в согласии с закономерными изменениями условий внешней среды. Пример самонастраивающейся системы - карбюратор автомобильного двигателя, автоматически обеспечивающий степень обогащения горючей смеси, близкую к оптимальной в зависимости от текущего режима функционирования двигателя.

Самообучающаяся система - естественная или человеко-машинная система, способная усваивать знания и впоследствии применять их при выборе режимов функционирования. Классический пример самообучения живых систем – условные рефлексy. Самообучающимися являются многие экспертные системы, которые пользуются статистикой качества своих консультаций для корректировки базы знаний.

Самоорганизующаяся система - система, приобретающая качественно новые структурные связи в изменяющихся условиях среды функционирования. Современная теория систем объясняет способности к

самоорганизации свойствами открытых неравновесных (диссипативных) систем, связанными с законами нелинейной динамики. Пример самоорганизации – процессы биогенеза (видообразования) в живой природе, этногенеза (формирования этносов) в процессе развития человеческой цивилизации.

Самоэкспертиза исследования - критический анализ собственной работы и определение ее научной новизны и практической значимости.

Сборник научных трудов – научное произведение, посвящённое итогам исследований разными авторами одной и той же или разных проблем. Это собрание статей разных учёных. Как правило, такие сборники объединяют труды сотрудников одного вуза или, при проведении научных конференций, разных вузов и даже нескольких стран. Статьи из этих сборников – ценный научный материал для проведения студентом своего исследования.

Свобода - категория теории систем, означающая энтропию системы (либо её управляющей подсистемы) в заданных условиях среды.

Свойство элемента (компонента, системы) – его (ее) количественная и/или качественная характеристика, которая проявляется при взаимодействии с другими элементами (компонентами, системами).

Связность - свойство систем, состоящее в существовании закономерных связей между её элементами. По наличию либо отсутствию характерной для данной системы связи с другими её элементами можно судить о том, относится ли элемент к данной системе либо к её среде.

Синергетика - раздел теории систем, изучающий процессы самоорганизации.

Синтаксис (в теории формальных систем) - совокупность правил построения формул из символов алфавита, приписанная данной формальной системе.

Синтез (от греч. соединение) – мысленное или реальное соединение частей в целое; метод познания.

Синтез систем - научный метод, состоящий в использовании знаний о ранее изученных системах, представленных в форме их моделей, для создания новых типов систем, отличающихся от известных наличием свойств, желательных исследователю.

Система - совокупность взаимосвязанных и целесообразно взаимодействующих элементов.

Система организационного управления - кибернетическая система, в которой объектом управления, в отличие от системы управления технологическими процессами, являются не машины или иные технические устройства, а коллективы людей, согласованно реализующих общую цель.

Системный анализ – метод обработки содержания изучаемого научного текста как некой целостности, состоящей из частей, и связей между ними. Этот анализ предполагает выделение анализируемых частей, установление связей и зависимостей между ними, поиск связей целого с

внешними условиями жизнедеятельности и оценивание факторов, наиболее влияющих на развитие целого.

Системный анализ - научный метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы. Опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных, естественнонаучных, статистических, математических методов.

Сложная система - система, связи между переменными либо элементами которой, при всём разнообразии, доступны наблюдению и исследованию, однако столь многочисленны, что при существующем уровне знаний возможно лишь приближённое суждение о результатах их совместного действия.

Сложность - свойство систем, состоящее в резком увеличении количества возможных состояний системы с увеличением численности связей между её элементами. Как следствие, исчерпывающее описание поведения системы даже со сравнительно небольшой численностью взаимно связанных элементов (порядка десятков) может оказаться невозможным на существующей ныне технической базе информатизации.

Смешанное исследование – тип исследования, включающего в себя исследования разных видов – теоретических и эмпирических. Студенты, как правило, проводят именно такие исследования.

Событие - явление, характеризуемое тремя пространственными координатами и периодом времени;

Список литературы – обязательная часть тематического реферата, курсовой и дипломной работ, представляющая собой перечень литературы, изученной и использованной студентом при выполнении исследования. Располагается, как правило, после заключения, но перед приложением. В перечень включаются не только цитируемые источники, но и те, которые имеют прямое отношение к теме, прочитанные или повлиявшие на постановку и решение определённых задач.

Сравнительный анализ – метод сопоставления двух и более явлений, идей, положений, т.е. нахождение в них общего и различного.

Среда - в широком смысле слова - весь материальный мир за исключением исследуемой системы. В трактовке А. Холла и Р. Фейджина - совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, и объектов, свойства которых меняются в результате поведения системы.

Ссылка – указание на источник высказываемого положения, цитирования, на анализируемый текст, а также на графические материалы, помещённые в тексте, и приложения, его иллюстрирующие или дополняющие. В первом случае это делается в прямых или квадратных скобках с указанием номера этого текста в Списке литературы и страниц, во втором - в круглых скобках указывается номер таблицы, графика или приложения.

Статья (научная) – научное произведение небольшого объёма (до 8-10 страниц машинописного текста).

Страта - элемент социальной структуры– составляющая человеческого общества, выделяемая на основании многомерной классификации и организуемая в иерархический порядок.

Стратегия исследования – проектирование основного направления исследования, определение цели как его конечного результата. Стратегия разрабатывается посредством определения актуальности темы, поиска в ней противоречия, формулировки проблемы исследования и выработки цели исследования. Стратегия исследования является частью научного аппарата исследования.

Структура - (а) множество связей между переменными или элементами системы; (б) свойство системы, состоящее в закономерном изменении одних элементов под влиянием изменений, произошедших в других элементах, вследствие существования закономерных связей между элементами.

Структурный анализ – это выделение в предмете исследования отдельных групп явлений, сходных по каким-либо признакам, т. е. проводится структуризация предмета изучения.

Суждение - предложение, в котором нечто утверждается или отрицается относительно реальных или идеальных объектов, допускающее (в принципе) соотнесение с реальностью и установление его истинности или ложности в процессе соотнесения.

Тактика исследования – проектирование деятельности, направленной на достижение цели исследования: определение объекта, предмета исследования, формулирование гипотезы, постановка задач, выбор методов, определение этапов и базы исследования.

Тезаурус – особый тип словаря, в котором термины-понятия располагаются в строгой взаимозависимости и соотношении: начиная с наиболее значимого и широкого по смыслу и заканчивая частным. Составление тезауруса желательно для упорядочивания понятийно-терминологического аппарата исследования, очищения его от лишних терминов, правильного использования в тексте.

Тезисы – краткое изложение какого-либо исследования, выводы, выражающие основной смысл исследования. Это свёрнутое изложение содержания. Они используются как источник информации.

Теорема (в теории формальных систем) – формула, являющаяся аксиомой либо получаемая в результате применения продукционного правила (правила вывода) к другим теоремам.

Управляемость - характеристика системы управления, отражающая способность управляемой подсистемы снижать энтропию управляемой подсистемы. Характеризуется долей снятой энтропии в общей энтропии управляемой подсистемы (до акта управления).

Устойчивое равновесие - состояние системы, все фазовые траектории в окрестности которого в достаточно близком будущем являются сходящимися.

Устойчивость - характеристика системы управления, отражающая способность управляющей подсистемы поддерживать характеристики выходного сигнала управляемой подсистемы, предписанные целью управления.

Фазовая траектория - множество точек фазового пространства, соответствующих состояниям системы во все моменты времени периода наблюдения.

Фазовое пространство - евклидово пространство, координаты точек которого определяются значениями переменных состояния исследуемой системы и моментом времени.

Факторный анализ - метод статистического исследования связей, состоящий в конструировании ограниченного числа абстрактных числовых факторов, в наиболее полной мере снимающих вариацию наблюдаемых статистических переменных, с последующей интерпретацией сконструированных факторов на основе степени их связи с наблюдаемыми переменными.

Форма представления систем - способ представления знаний о системе, выделяемый по признаку отражения качественно различных особенностей структуры системы, определяющих её поведение. Например, форма представления «кибернетическая система» выделяется по признаку явного отражения цели функционирования системы и информационных процессов, посредующих её достижение; «алгоритмическая система» – по принципу отражения всех возможных (или наиболее вероятных) переходов системы из одного состояния в другое в форме алгоритма безотносительно к причинам, вызывающим эти переходы.

Формализм - формальная система, используемая в качестве средства представления знаний. Формализм предоставляет лингвистические (языковые) и процедурные средства для представления знаний.

Формальная система -(символьная система, знаковая система) – система, определяемая алфавитом, синтаксисом (правилами построения формул из символов алфавита), аксиоматикой (множеством формул, считающихся теоремами *a priori*) и правилами вывода новых теорем.

Формальная теория - множество теорем некоторой формальной системы.

Формальное определение - определение, представленное математическими символами (включая пояснение их интерпретации на естественном языке).

Формула - совокупность символов алфавита формальной системы, соответствующая синтаксису.

Формула Байеса - формула, устанавливающая связь вероятности гипотез о причинах наблюдаемых событий с вероятностью самих событий.

Целеполагание - функция высокоорганизованных систем, состоящая в формулировании целей их функционирования и в последующем подчинении деятельности управляющей подсистемы сформулированной цели. Присуща высокоразвитым живым организмам, наиболее полное развитие получает в связи с возникновением разума. Элементы целеполагания могут быть присущи искусственным системам – компьютерным программам с элементами искусственного интеллекта. Например, программа для игры в шахматы может сначала выработать набор перспективных целей (превратить пешку в фигуру, атаковать фигуру противника, защитить короля от возможной атаки и т.п.), после чего выработать последовательность ходов, реализующих данную цель, либо обнаружить недостижимость цели.

Целостность - свойство системы, состоящее в том, что ей присущи качественно новые свойства, не обнаруживаемые у её элементов, взятых по отдельности.

Цель - теоретико-системная категория, обозначающая состояние, достигаемое системой в процессе её поведения независимо (в известных границах) от её начального состояния.

Экспертиза- исследование и установление таких фактов и обстоятельств, для выяснения которых необходимы специальные познания в какой-либо науке или области практической деятельности. В теории систем экспертиза понимается как специфический метод научного познания, состоящий в преобразовании неформализованных (в том числе неосознаваемых) знаний эксперта в формализованную форму и применяемый в рамках метода системного анализа. В отдельных случаях процессы экспертизы могут допускать автоматизацию путём разработки экспертных систем.

Эмерджентность- свойство систем, состоящее в возникновении у них свойств, не присущих их элементам, взятым по отдельности; в более специальном смысле эмерджентность означает невозможность предсказания значений переменных системы, основываясь только на значениях переменных её элементов (без учёта связей между ними).

Явление - категория, выражающая внешние свойства и отношения предмета; форма обнаружения (выражения, проявления) сущности предмета (системы).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аглицкий И., Клейнер Г.Б., Сирота Е.Н. Системный анализ инвестиционной деятельности. – М.: Пометей, 2018. – 140 с.
2. Аксенова О.П., Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах. Учебное пособие. Часть 2. – М.: ФЛИНТА УрФУ, 2018. – 127 с.
3. Алексеева М. Б. Теория систем и системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / М.Б. Алексеева, П.П. Ветренко. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 304 с.
4. Алексеева М.Б. Теория систем и системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / М.Б. Алексеева, П.П. Ветренко. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 304 с. – (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00636-0.
5. Алексеева М.Б. Теория систем и системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / М.Б. Алексеева, П.П. Ветренко. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 304 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.
6. Антонов А.В. Системный анализ: учебник / А.В. Антонов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 366 с.
7. Бачарников В.П., Бачарников И.В., Свешников С.В. Учебное пособие. Основы системного анализа и управления организациями. Теория и практика. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 288 с.
8. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование в 3 ч. Часть 1: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П.Г. Белов. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 211 с.
9. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование в 3 ч. Часть 1: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П.Г. Белов. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 211 с.
10. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование в 3 ч. Часть 2: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П.Г. Белов. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 250 с. – (Бакалавр и магистр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-02608-5.
11. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование в 3 ч. Часть 3: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П.Г. Белов. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 272 с. – (Бакалавр и магистр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-02609-2.
12. Белов П.Г. Системный анализ и программно-целевой менеджмент рисков: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П.Г. Белов. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 289 с.
13. Боев В.Д. Имитационное моделирование систем: учебное пособие для прикладного бакалавриата / В.Д. Боев. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 253 с.

14. Вдовин В.М. Теория систем и системный анализ: Учебник для бакалавров / В.М. Вдовин, Л.Е. Суркова, В.А. Валентинов. – 3-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2016. – 644 с.
15. Волкова В.Н. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 462 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-02530-9.
16. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. Учебник. – М.: Юрайт, 2019. – 462 с.
17. Голубков Е.П. Методы принятия управленческих решений в 2 ч. Часть 1: учебник и практикум для академического бакалавриата / Е.П. Голубков. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 196 с.
18. Горохов А.В. Основы системного анализа: учебное пособие для вузов / А.В. Горохов. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 140 с. – (Университеты России). – ISBN 978-5-534-04508-6.
19. Горохов, А. В. Основы системного анализа: учебное пособие для вузов / А.В. Горохов. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 140 с.
20. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике: Учебник / Дрогобыцкий И.Н. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. – 420 с.
21. Дубина И.Н. Основы математического моделирования социально-экономических процессов: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / И.Н. Дубина. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 349 с.
22. Зализняк В.Е. Введение в математическое моделирование: учебное пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. – М.: Издательство Юрайт, 2020. – 133 с.
23. Звягин Л.С., Сатдыков А.И., Беспалова-Милек О.В. Системный анализ деятельности предприятий в экономике и финансах. Учебное пособие. – М.: Кнорус, 2019. – 590 с.
24. Качала В.В. Общая теория систем и системный анализ. Учебник для вузов. – М.: Научно-техническое издательство «Горячая линия–Телеком», 2017. – 432 с.
25. Королев А.В. Экономико-математические методы и моделирование: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. В. Королев. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 280 с.
26. Королёв В.Т., Радионов В.В., Ловцов Д.А. Системный анализ. Логические методы. Часть 2. Учебное пособие. – М.: Литрес, 2018. – 164 с.
27. Кузнецов В.А. Системный анализ, оптимизация и принятие решений: учебник для студентов высших учебных заведений / В.А. Кузнецов, А.А. Черепяхин. – М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. – 256 с.
28. Мардас А.Н. Эконометрика: учебник и практикум для академического бакалавриата / А.Н. Мардас. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 180 с.

29. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата/под. ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 450 с.

30. Папков Б.В. Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Б.В. Папков, А.Л. Куликов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2017. – 470 с.

31. Пылькин А.Н. Теория систем и системный анализ: учебник. – М.: Курс, 2017. – 189 с.

32. Селютин В.В., Сурков Ф.А. Системный анализ и математическое моделирование сложных экологических и экономических систем. Теоретические основы и приложения. – М.: ЮФУ, 2018. – 163 с.

33. Системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / под общ. ред. В.В. Кузнецова. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 270 с.

34. Системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / В.В. Кузнецов [и др.]; под общ. ред. В.В. Кузнецова. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 270 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-9916-8591-7.

35. Советов Б.Я. Моделирование систем: учебник для академического бакалавриата / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 7-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 343 с.

36. Стельмашонок Е.В. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / Е.В. Стельмашонок [и др.]; под. ред. Е.В. Стельмашонок. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 289 с.

37. Угольницкий Г.А. Управление устойчивым развитием активных систем. – М.: УрФУ, 2018. – 940 с.

38. Черников Ю. Системный анализ и исследование операций. – М.: Горная книга, 2017. – 365 с.