

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Иркутский государственный аграрный университет им. А.А.
Ежевского
Институт экономики, управления и прикладной информатики
Кафедра информатики и математического моделирования

Антонова Н.Н., Бендик Н.В.

Теория систем и системный анализ

Учебно-методическое пособие



Иркутск, 2016

УДК 681.3.066 (075.8)

Печатается по решению научно-методического совета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (протокол № 6 НМС от 28.03.2016 г).

Рецензенты: д.т.н, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации» ИрГУПС *Краковский Ю. М.*; к.т.н., доцент, заведующий кафедрой информатики и математического моделирования Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского *Петров Ю. И.*

Антонова Н.Н. Теория систем и системный анализ. Учебно-методическое пособие для студентов направления «Прикладная информатика». Учебно-методическое пособие /Н.Н. Антонова, Н.В. Бендик - Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2016, - 93 с. – ил.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ. В пособии содержатся задания для лабораторных работ, темы для дискуссий. Каждая работа сопровождается примерами, теоретическим материалом, контрольными вопросами и заданиями.

© Антонова Н.Н., 2016.

© Бендик Н.В., 2016.

© Иркутский ГАУ, 2016.

Оглавление

Введение	4
Лабораторная работа №1 «Выбор и обоснование систем»	5
Лабораторная работа №2 «Классификация систем»	11
Лабораторная работа №3 «Построение дерева целей системы»	18
Лабораторная работа №4 «Структура систем»	28
Лабораторная работа №5 «Модели в системном анализе»	39
Лабораторная работа №6 «Методы генерации решений и методы выбора»	46
Лабораторная работа №7 «Системный подход к прогнозированию»	60
Лабораторная работа № 8 «Этапы системного анализа»	766
Темы для дискуссий и презентаций.....	Ошибка! Закладка не определена. 9
Список рекомендуемой литературы	922

Введение

Главной целью теории систем является выяснение законов, определяющих принципы образования, поведения и развития систем, где под системой будем считать совокупность элементов, объединенных связями, функциональной средой и целью существования, которая обладает интегративным (эмерджентным) свойством.

Цель преподавания дисциплины – ознакомление студентов с особенностями системного подхода при изучении, построении и управлении сложных систем.

Задачи изучения дисциплины следующие: в результате изучения дисциплины студенты должны знать: основные определения, свойства и классификацию систем; основные понятия и свойства многоуровневых иерархических структур; принципы оптимизации систем. Студенты должны уметь: строить модели «чёрный ящик», состава системы и структуры системы; строить структурные схемы систем; устанавливать способы устранения недостатков системы; строить классификацию данных систем, иметь представление о возникновении и развитии системных представлений, а также роли системных представлений в практической деятельности.

Методическое пособие предназначено для направления «Прикладная информатика», имеющее в учебной программе дисциплину «Теория систем и системный анализ».

Пособие содержит задания для лабораторных работ, темы дискуссий и презентаций. Каждая работа сопровождается примерами, теоретическим материалом, контрольными вопросами и заданиями, выполнение которых должно помочь проверить качество усвоения материала.

Лабораторная работа №1 «Выбор и обоснование систем»

Цель работы: Закрепить теоретические знания по основным понятиям теории систем и системного анализа, таким как, система, объект, цель, окружающая среда, элемент, подсистема, надсистема.

Перечень материалов для выполнения работы: Лекционный материал. Рекомендуемая литература, указанная в программе курса. Материалы и примеры по рассматриваемым системам (приводятся ниже в данной лабораторной работе).

Задания к лабораторной работе

1. Выберите шесть понятий системы и для каждого выполните пункты 2-3 данного задания. Пояснения для выполнения этого задания рассматриваются в расположенном ниже примере 6 и частично в примерах 1-5. Ответы оформите в таблице 1.1.

2. Определите её подсистемы первого уровня или элементы, окружающую среду, входы и выходы.

3. Определите, какая наука изучает эту систему.

Таблица 1.1

Система, цель	Подсистемы, элементы	Окружающая среда	Входы	Выходы	Наука

4. Указать другим цветом пропущенные в таблице 1.2 атрибуты систем и охарактеризовать их.

Таблица 1.2

№	Вход	Выход	Цель	Система
1	Студент	Знание темы		Лекция
2	Студент	Оценка	Проверка знаний	
3		Текущее время	Показ времени	
4			Передвижение	Автомобиль
5		Предмет коллекции	Антиквариат	Автомобиль
6		Специалист		Студент
7				Семья
8			Защита прав	Государство

5. Указать подсистемы систем: автомобиль и государство.

6. Подготовить устные ответы по приведенным ниже вопросам 1-5.

7. Продумайте и подготовьте ответы на вопрос: какими будут подсистемы, входы, выходы, окружающая среда, наука для системы компьютер в отличие от примера 6, если цель системы поменять на цель – определение уровня шума от компьютера. Ответы оформите в таблицу примера 6.

Форма отчета по работе: Предоставление оформленных решений на проверку преподавателю и защита полученных выводов.

Контрольные вопросы к работе:

1. Дайте определение понятия «окружающая среда».
2. Что входит в окружающую среду любого экономического объекта?
3. Что понимается под входами и выходами объекта?
4. Дайте определения понятия «система».
5. Дайте определения элемента системы.
6. Укажите различия между подсистемой и надсистемой.

Теоретические материалы и примеры:

Дадим простое интуитивное определение системы (ниже дадим более строгое и полное определение).

Система - объект, процесс в котором участвующие элементы связаны некоторыми связями и отношениями.

Система — это упорядоченное представление об объекте исследования с точки зрения поставленной цели.

Система — это совокупность (множество) объектов и процессов, называемых элементами, взаимосвязанных и взаимодействующих между собой: они образуют единое целое, обладающее свойствами, не присущими составляющим его элементам, взятым в отдельности.

Для выделения системы необходимы:

- *объект исследования;*
- *цель, для реализации которой формируется система;*
- *субъект наблюдения («наблюдатель»), формирующий систему;*
- *входные и выходные переменные, отражающие взаимосвязь системы с окружающей средой.*

Элемент системы — это объект, выполняющий определенные функции и не подлежащий дальнейшему разделению в рамках поставленной задачи

Система, являющаяся элементом данной системы, называется **подсистемой** данной системы (**подсистема** - часть системы с некоторыми связями и отношениями.)

Система, элементом которой является данная система, называется **надсистемой** данной системы.

Любая система состоит из подсистем, любая подсистема любой системы может быть рассмотрена сама как система.

Пример 1. Указать подсистемы системы Наука. Наука - система, когнитивная система обеспечивающая получение, проверку, фиксацию (хранение), актуализацию знаний общества. Наука имеет подсистемы: математика, информатика, физика, филология и др. Любое знание существует лишь в форме систем (систематизированное знание), а теория -

наиболее развитая система их организации в систему, позволяющая не только описывать, но и объяснять, прогнозировать события, процессы.

Внутреннее описание системы определяет внешнее описание.

Пример 2. Описать входные, выходные данные, функции системы Банк. Банк образует систему. Внешняя среда банка - система инвестиций, финансирования, трудовых ресурсов, нормативов и т.д. Входные воздействия - характеристики (параметры) этой системы. Внутренние состояния системы - характеристики финансового состояния. Выходные воздействия - потоки кредитов, услуг, вложений и т.д. Функции этой системы - банковские операции, например, кредитование. Функции системы также зависят от характера взаимодействий системы и внешней среды. Множество выполняемых банком (системой) функций зависят от внешних и внутренних функций, которые могут быть описаны (представлены) некоторыми числовыми и/или нечисловыми, например, качественными, характеристиками или характеристиками смешанного, качественно - количественного характера.

Пример 3. Указать подсистемы системы “Организм человека”. Физиологическая система “Организм человека” состоит из подсистем “Кровообращение”, “Дыхание”, “Зрение” и др. Функциональная система “Кровообращение” состоит из подсистем “Сосуды”, “Кровь”, “Артерия” и др. Физико-химическая система “Кровь” состоит из подсистем “Лейкоциты”, “Тромбоциты” и др. и так далее до уровня элементарных частиц.

Основные признаки системы:

- *целостность, связность или относительная независимость от среды и систем* (это наиболее существенная количественная характеристика системы), с исчезновением связности исчезает и сама система, хотя элементы системы и даже некоторые связи, отношения между ними могут быть сохранены;

- *наличие подсистем и связей между ними или наличие структуры системы* (это наиболее существенная качественная

характеристика системы), с исчезновением подсистем или связей между ними может исчезнуть и сама система;

- **возможность обособления или абстрагирования от окружающей среды**, т.е. относительная обособленность от тех факторов среды, которые в достаточной мере не влияют на достижение цели;
- **связи с окружающей средой** по обмену ресурсами;
- **подчиненность всей организации системы некоторой цели** (как это, впрочем, следует из определения системы);
- **эмерджентность или несводимость свойств системы к свойствам элементов**.

Подсистема должна обладать всеми свойствами системы, в частности, свойством целостности и эмерджентности, что отличает подсистему от компоненты системы - набора элементов, для которых не сформулирована подцель и нет целостности.

Резюмируя вышесказанное, можно дать философское, диалектическое определение системы: **система** - это есть часть объективной реальности, ограниченная целью (целями) и ресурсами.

Системно в мире все: практика и практические действия, знание и процесс познания, окружающая среда и связи с ней (в ней).

Пример 4. Описать входные, выходные данные, возможные состояния системы ВУЗ (цель - обучение студентов).

Примерами параметров системы могут быть: входные - уровень подготовки поступающих, уровень проведения вступительных экзаменов; выходные - уровень профессиональной подготовки и адаптационные возможности молодых специалистов после окончания ВУЗа; внутренние - уровень и качество научной и методической работы, уровень организации самостоятельной работы студентов, профессиональный уровень и состав преподавателей ВУЗа.

Пример 5. Указать подсистемы системы, приведенной в предыдущем примере.

Примерами подсистем системы ВУЗ могут быть такие системы: деканат (цель - управление факультетом), бухгалтерия (цель - обеспечение финансово-экономической жизни ВУЗа), студенческий совет (цель этой подсистемы - обеспечение студенческого самоуправления) и др.

Пример 6.

Система, цель	Подсистемы, элементы	Окружающая среда	Входы	Выходы	Наука
Компьютер (обработка информации)	аппаратное обеспечение (оперативная память, внешняя память, центральный процессор, устройства ввода, устройства вывода); программное обеспечение (операционная система, прикладное программное обеспечение); информационные ресурсы (текстовые, графические, звуковые и видео файлы)	Пользователь, локальная и глобальная сеть, интернет	Клавиатура, мышь, сканер, микрофон, камера, входная информация.	Принтер, монитор, колонки, плоттер, выходные данные.	Информатика, электроника, электротехника, кибернетика.

Если, кроме информационного, учитывать еще и физическое взаимодействие компьютера с внешней средой, то на входе надо добавить: "электропитание", "температурное воздействие", "вибрационное воздействие". На выходе: "излучение экрана", "шум вентилятора", "нагрев от монитора". В таком расширенном списке входов и выходов следует выделить основные параметры и побочные. Основные — это те, которые

связаны с главной функцией системы: работа с информацией. Среди побочных можно выделить необходимые (электропитание) и нежелательные (излучение экрана, шум вентилятора).

Модель можно расширить, добавив в нее экономические параметры, связанные с финансовыми расходами на входе (исходная цена, оплата электроэнергии, оплата за пользование Интернетом) и возможными доходами на выходе, если компьютер является рабочим инструментом, в результате использования которого человек зарабатывает деньги.

Лабораторная работа №2 «Классификация систем»

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

Перечень материалов для выполнения работы: Лекционный материал. Рекомендуемая литература, указанная в программе курса. Материалы и примеры по классификации систем (приводятся ниже в данной лабораторной работе).

Задания к лабораторной работе

1. Провести классификацию систем (одной технической и одной социально-экономической) результат занести в табл. 2.1. Варианты систем взять из табл. 2.2. Пример выполнения представлен ниже (пример1).

2. Провести описание систем, приводя полные ответы на следующие пункты (см. пример 2):

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

Таблица 2.1.

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

Таблица 2.2.

Вариант	Техническая система	Социально-экономическая система
1	Компьютер	Бутик
2	Космический корабль	Птицеферма
3	Вентилятор	ВУЗ
4	Кондиционер	Гостиница
5	Пианино	Музей
6	Телевизор	Школа
7	Телефон	Химчистка
8	Фотоаппарат	Семья
9	Трамвай	Туристическая фирма
10	Кофемолка	Суд
11	Микрофон	Компьютерный салон
12	Осциллограф	Зоопарк
13	Телескоп	Трикотажная фабрика
14	Самолет	Салон красоты
15	Огнетушитель	Полиция

Контрольные вопросы:

1. Объясните суть классификации по происхождению.
2. Объясните суть классификации по объективности существования.
3. Приведите примеры: а) технических систем; б) технологических систем.
4. Дайте определение экономической системы.
5. В чем заключаются отличия централизованных и децентрализованных систем?
6. В чем заключается отличие каузальных и целенаправленных систем?
7. Можно ли отнести бухгалтерию к целенаправленным системам?
8. В чем заключается сложность работы с гетерогенными системами?

9. В чем на ваш взгляд отличаются сложные и большие системы?
10. Дайте определение детерминированной системе.
11. Дайте определение дискретного элемента.
12. К какой системе относятся и в реализации каких систем участвуют:
- а) холодильник в магазине;
 - б) калькулятор в магазине;
 - в) весы в магазине;
 - г) продавец в магазине;
 - д) шофер такси;
 - е) директор компании?

Форма отчета по работе: Предоставление оформленных решений на проверку преподавателю и защита полученных выводов.

Теоретические материалы и примеры:

Классификация - это разделение совокупности объектов на классы по некоторым наиболее существенным признакам.

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.

Резюме:

1. При изучении любых объектов и процессов, в том числе и систем, большую помощь оказывает классификация - разделение совокупности объектов на классы по некоторым, наиболее существенным признакам.

2. В зависимости от происхождения системы могут быть естественными (системы, объективно существующие в живой и неживой природе и обществе) и искусственными (системы, созданные человеком).

3. По объективности существования все системы можно разбить на две большие группы: реальные (материальные или физические) и абстрактные (символические) системы.

4. Среди всего многообразия создаваемых искусственных систем особый интерес представляют действующие системы, к которым относятся технические, технологические, организационно-технические (эргатические), экономические, социальные, организационные и управления.

5. По степени централизации выделяют централизованные системы (имеющие в своем составе элемент, играющий главную, доминирующую роль в функционировании системы) и децентрализованные (не имеющие такого элемента).

6. Различают системы одномерные (имеющие один вход и один выход) и многомерные (если входов или выходов больше одного).

7. Системы бывают гомогенные, или однородные, и гетерогенные или разнородные, а также смешанного типа.

8. Если система описывается линейными уравнениями, то она относится к классу линейных систем, в противном случае - нелинейных.

9. Система, не содержащая ни одного элемента дискретного действия (выходная величина которого изменяется скачками даже при плавном изменении входных величин), называется непрерывной, в противном случае - дискретной.

10. В зависимости от способности системы поставить себе цель различают каузальные системы (неспособные ставить себе цель) и

целенаправленные (способные к выбору своего поведения в зависимости от внутренне присущей цели).

11. Различают большие, очень сложные, сложные и простые системы.

Система называется *сложной*, если в ней не хватает ресурсов (главным образом, - информационных) для эффективного описания (состояний, законов функционирования) и управления системой.

Сложными системами являются, например, химические реакции, если их рассматривать на молекулярном уровне; клетка биологического образования, рассматриваемая на метаболическом уровне; мозг человека, если его рассматривать с точки зрения выполняемых человеком интеллектуальных действий; экономика, рассматриваемая на макроуровне (т.е. макроэкономика); человеческое общество - на политико-религиозно-культурном уровне; ЭВМ, если её рассматривать как средство получения знаний; язык - во многих аспектах.

Сложность этих систем обусловлена их сложным поведением. Сложность системы зависит от принятого уровня описания или изучения системы - макроскопического или микроскопического.

12. По предсказуемости значений выходных переменных системы при известных значениях входных различают детерминированные и стохастические системы.

13. В зависимости от степени организованности выделяют классы хорошо организованных систем (их свойства можно описать в виде детерминированных зависимостей), плохо организованных (или диффузных) и самоорганизующихся (включающие активные элементы).

14. По типу описания закона (законов) функционирования системы:

- типа "*Черный ящик*" (неизвестен полностью закон функционирования системы; известны только входные и выходные сообщения системы);

– *не параметризованные* (закон не описан, описываем с помощью хотя бы неизвестных параметров, известны лишь некоторые априорные свойства закона);

– *параметризованные* (закон известен с точностью до параметров и его возможно отнести к некоторому классу зависимостей);

– типа “*Белый (прозрачный) ящик*” (полностью известен закон).

15. По отношению системы к окружающей среде выделяют *открытые* (есть обмен с окружающей средой ресурсами) и *закрытые* (нет обмена ресурсами с окружающей средой).

Пример 1. Техническая система – легковой автомобиль. Классификация системы по признакам приведена в табл. 2.3.

Таблица 2.3.

№п/п	Признак классификации	Тип объекта по признаку	Обоснование принадлежности
1	В зависимости от степени организованности	Хорошо организованная	Определены элементы системы, их взаимосвязи, правила объединения элементов
2	По предсказуемости значений выходных переменных системы	Детерминированная	Поведение можно предвидеть
3	По происхождению	Искусственная	Создана человеком
4	По объективности существования	Реальная	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	Совокупность взаимосвязанных физических элементов
8	По степени	Централизованная	Имеет в своем составе

	централизации		элемент, играющий главную, доминирующую роль в функционировании системы - двигатель
9	Классификация по размерности	Многомерная	Входов или выходов больше одного. Входы – топливо, зажигание и т.п.; выходы – скорость, свет фар и т.п.
10	Классификация систем по однородности и разнообразию структурных элементов.	Гетерогенная	Состоит из разнородных технических элементов, не обладающих свойством взаимозаменяемости.

Пример 2. Описание системы: автомобиль – это техническая (механическая), целостная система, состоящая из различных подсистем: охлаждения, тормозная, подачи топлива и т.д. Подчинена основной цели – 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. Части по отдельности не обладают таким свойством, каким система обладает в целом - передвижение.

Это система с высокой степенью автоматизации. Связана 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.

Лабораторная работа №3 «Построение дерева целей системы»

Цель работы: получить навыки построения дерева целей, дерева проблем и дерева стратегий системы.

Перечень материалов для выполнения работы: Лекционный материал. Рекомендуемая литература, указанная в программе курса. Материалы и примеры по рассматриваемым системам (приводятся ниже в данной лабораторной работе).

Задания к лабораторной работе

1. Приведите примеры:

- системы, которая предназначена для выполнения определенной цели, но которую можно использовать и для других целей;
- системы, спроектированной специально для реализации одновременно нескольких различных целей;
- разных систем, предназначенных для одной и той же цели.

2. Сформулируйте цель работы вашего факультета так, чтобы она не была общей для других факультетов, в том числе для родственных факультетов других вузов.

3. Построить «дерево целей» объекта, «дерево проблем» объекта, «дерево стратегий» («дерево решений»). Вариант объекта выбрать из нижеприведенного списка в соответствии с номером варианта в журнале преподавателя.

Ознакомиться со спецификой деятельности систем, которые предлагаются индивидуальным вариантом задания, можно с использованием ресурсов сети Интернет. Используйте информацию сайтов организаций соответствующего профиля, имеющиеся в свободном доступе, учебно-методические материалы по соответствующим областям знаний, материалы свободной печати. При необходимости обращайтесь в библиотеки: использование литературы, отсутствующей в сети Интернет, существенно

увеличивает рейтинговую оценку. Обязательно ведите список использованных источников с указанием, чем был полезен каждый источник.

Построить:

а) «дерево целей» объекта, которое можно определить как «дерево желаний». В качестве главной цели рекомендуется выбрать цель - максимизация прибыли (см. пример 1, пример 2 и пример 3);

б) «дерево проблем» объекта;

г) «дерево стратегий» или «дерево решений».

Разделить цели на уровни иерархии. Уровней иерархии должно быть не менее четырёх.

Варианты объектов:

1. Фирма по продаже и ремонту компьютеров.
2. Обучающий центр (курсы обучения английскому языку, компьютерной грамотности, бухгалтерии и т.д.).
3. Автозаправочная станция.
4. Кафе-закусочная.
5. Туристическая фирма.
6. Мастерская по ремонту бытовых приборов.
7. Салон красоты.
8. Рекламное агентство.
9. Автосервис.
10. Салон-мастерская по производству и продаже мебели.
11. Цветочный салон.
12. Фотосалон.
13. Игровой компьютерный салон.
14. Фирма по оказанию полиграфических услуг (визитки, буклеты, ксерокопирование).
15. Центр семьи (психологические, юридические консультации, помощь многодетным семьям и т.д.).

16. Центр досуга (кружки, дискотека, организация праздников).
17. Брачное агентство (клуб знакомств).
18. Гостиница.
19. Спортклуб.
20. Ателье по пошиву одежды.

4. Постройте таблицу стратегий для задачи выбора транспорта для поездки в отпуск.

Форма отчета по работе: Предоставление оформленных решений на проверку преподавателю и защита полученных выводов.

Контрольные вопросы к работе:

1. Дайте определение понятий: а) «объект» и «субъект»; б) «проблема» и «цель».
2. Чем различаются цель-результат и цель-направление?
3. Поясните необходимость использования критериев.
4. Поясните причины многокритериальности.
5. Что понимается в системном анализе под целью с позиции субъекта?
6. Что понимается в системном анализе под целью позиции объекта?
7. Что понимается под проблематикой?
8. Поясните опасность того, что цель всегда несет в себе элементы неопределенности.
9. Раскройте суть подмены целей средствами.
10. Почему необходимо строить «дерево целей»?
11. Перечислите принципы построения:
 - а) «дерева целей»;
 - б) «дерева проблем».
12. Чем отличается диаграмма Исикавы от классического «дерева проблем»?

Теоретические материалы и примеры:

Цель - образ несуществующего, но желаемого - с точки зрения задачи или рассматриваемой проблемы - состояния среды, т.е. такого состояния, которое позволяет решать проблему при данных ресурсах.

Формирование критериев

В общем случае цели имеют либо конкретную, либо расплывчатую формулировку. Поэтому различают два типа целей:

- *цель-результат* - конкретная, измеримая цель;
- *цель-направление* - идеальная, качественная цель .

Пример. Увеличение выпуска продукции в два раза - цель-результат, а повышение образовательного уровня работников — цель-направление.

Критерии как модели целей

Для количественной оценки степени достижения цели используются *критерии* (особенно для идеальной цели).

Цель-направление: повышение образовательного уровня сотрудников. Для ее конкретизации можно ввести такие критерии:

- процент сотрудников, имеющих высшее образование;
- количество сотрудников, имеющих сертификаты о дополнительном образовании.

Многокритериальность реальных задач связана с тем, что одну цель редко удается выразить одним критерием, хотя к этому обычно стремятся

Всегда следует помнить о том, что *дело не только и не столько в количестве критериев, сколько в том, чтобы они достаточно полно «покрывали» цель.* Это означает, что критерии должны описывать по возможности все важные аспекты цели, но при этом желательно минимизировать число необходимых критериев.

Проблематика - совокупность проблем, возникающих в соседних объектах при решении проблем исследуемого объекта.

Целенаправленное поведение системы - поведение системы (т.е. последовательность принимаемых ею состояний), ведущее к цели системы.

Решить задачу - означает определить четко ресурсы и пути достижения указанной цели при исходных посылках.

«Деревья» в целеполагании - поскольку любая цель обладает двойственностью, являясь одновременно и целью, и средством для достижения вышестоящей цели, то описание отношений между целями и средствами может быть отражено специальной схемой (графом), носящей название «дерево целей».

При использовании метода «дерево целей» в качестве средства принятия решений часто применяют термин «дерево решений». При применении метода для выявления и уточнения функций системы управления говорят о «дереве целей и функций». При структуризации тематики научно-исследовательской организации пользуются термином «дерево проблемы», а при разработке прогнозов «дерево направлений развития (прогнозирования развития)» или «прогнозный граф».

Для системного анализа организаций с целью их реорганизации или автоматизации можно предложить следующие виды «деревьев»: а) «дерево целей» объекта, которое можно определить как «дерево желаний»; б) «дерево проблем» объекта (или диаграмма Исикавы);

в) «дерево целей» субъекта;

г) «дерево стратегий» или «дерево решений».

Построение «дерева целей» происходит по следующим принципам:

- если очередная подцель является средством для предыдущей, то она опускается на уровень ниже первой;
- если она является целью, то поднимается на один уровень вверх;
- если она не является ни целью, ни средством, то остается на том же уровне иерархии.

Для проверки полноты и внутренней непротиворечивости дерева целей существуют четыре простых правила.

Для проверки полноты и внутренней непротиворечивости дерева целей существуют четыре простых правила.

1. При чтении сверху вниз подцель должна отвечать на вопрос: что нужно сделать, чтобы реализовать цель предыдущего уровня?

2. При чтении снизу вверх цель более высокого уровня должна отвечать на вопрос: для чего необходима цель, лежащая непосредственно под ней?

3. При чтении подцелей, необходимых для достижения одной цели, следует уточнить, все ли подцели действительно необходимы для ее достижения.

4. При чтении подцелей, необходимых для достижения одной цели, следует уточнить, какие еще подцели этого уровня необходимы для достижения цели.

Пример 1. В зависимости от рассматриваемой системы и имеющихся проблем могут быть поставлены разные цели:

1. Система – высшее учебное заведение. Цель – отыскание путей повышения качества образования.

2. Система – производственно-сбытовое предприятие одежды. Цель – увеличить сбыт товаров (**дерево целей показано в примере 5**).

3. Система – студенческая группа. Цель – наилучшее размещение студентов по объектам производственной практики.

4. Система – автомобильный завод. Цель – максимизация прибыли от продаж автомобилей.

5. Система – фирма, предоставляющая рекламные услуги. Цель – достижение максимальной социальной эффективности рекламы за счёт мер государственного регулирования.

6. Система – высшее учебное заведение. Цель – снижение доли отчисляемых студентов без ущерба качеству их подготовки.

7. Система – крупная корпорация, поставляющая топливо на заправочные станции. Цель – обеспечение бесперебойности поставок.

8. Система – отдел маркетинга крупной компании пищевой промышленности. Цель – расширение рыночной доли компании.

9. Система – крупная корпорация, поставляющая топливо на заправочные станции. Цель – строгое соблюдение стандартов качества соблюдаемого топлива.

10. Система – студенческая группа. Цель – повышение успеваемости студентов.

11. Система – индивидуальный предприниматель, арендующий несколько киосков для продажи продукции текстильной промышленности. Цель – сокращение коммерческих затрат.

12. Система – отдел контроллинга крупной компании пищевой промышленности. Цель – повышение достоверности данных и рекомендаций, предоставляемых руководству.

13. Система – крупная корпорация, поставляющая топливо на заправочные станции. Цель – достижение максимальной прибыли.

14. Система – индивидуальный предприниматель, арендующий киоск для продажи продукции текстильной промышленности. Цель – снижение коммерческих рисков.

15. Система – адвокатская контора. Цель – сокращение доли проигранных судебных исков.

16. Система – планово-финансовый отдел крупной компании пищевой промышленности. Цель – поддержание оптимального размера оборотного капитала.

17. Система – аптечная сеть. Цель – сокращение заболеваемости простудными заболеваниями.

18. Система – индивидуальный предприниматель, арендующий киоск для продажи продукции текстильной промышленности. Цель – рост выручки от продаж.

19. Система – крупная корпорация, поставляющая топливо на заправочные станции. Цель – максимально полное соблюдение требований экологической безопасности.

20. Система – отдел санитарного контроля крупной компании пищевой промышленности. Цель – строгое соблюдение требований ГОСТ, регламентирующих качество продукции.

21. Система – министерство культуры некоторой страны. Цель – повышение посещаемости театров и музеев.

22. Система – министерство финансов некоторой страны. Цель – сокращение госдолга.

23. Система – индивидуальный предприниматель, арендующий киоск для продажи продукции текстильной промышленности. Цель – скорейший возврат краткосрочного кредита.

24. Система – рекламное агентство. Цель – расширение клиентской базы.

25. Система – аптечная сеть. Цель – максимизация продаж фармацевтической продукции.

Пример 2. «Дерево целей» для коммерческого учебного центра показано на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 - «Дерево целей» для коммерческого учебного центра

Построение «дерева проблем» - вначале выбирается и сжато формулируется одна (или несколько) из ключевых проблем достижения целей-желаний. А затем одна за другой формулируются другие проблемы, выстраиваемые в «дерево» по следующим принципам:

- если очередная проблема является *причиной* для предыдущей, то она опускается на уровень ниже первой;
- если она является *следствием*, то поднимается на один уровень вверх;
- если она не является ни причиной, ни следствием, то остается на том же уровне иерархии.

Пример 3. «Дерево проблем» для коммерческого учебного центра показано на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 - «Дерево проблем» для коммерческого учебного центра

Далее строится «дерево стратегий», в котором «дерево целей» дополняется вариантами (стратегиями) решения выявленных проблем.

Пример 4. Далее следует провести анализ и выбор стратегий (средств достижения целей), для чего можно построить соответствующую таблицу (таблица 3.1).

Таблица 3.1

Цель	Стратегия	Преимущества	Недостатки
	1. Переехать в помещение меньшей площади	Ощутимое сокращение расходов	Тесное помещение плохо скажется на имидже компании, что приведет к падению прибыли.
Уменьшить расходы	2. Переехать в менее престижную часть города	Ощутимое сокращение расходов	Плохо скажется на имидже компании, что приведет к падению прибыли
	3. Автоматизировать ведение учета учащих с последующим сокращением числа сотрудников компании	Улучшение качества обработки информации, улучшение культуры обслуживания	Большие начальные расходы

Пример 5. Перед руководителем производственно-сбытового предприятия одежды ООО «Стиль» стоит проблема увеличения сбыта. Для решения проблемы используем метод дерева целей (рис.3.3).

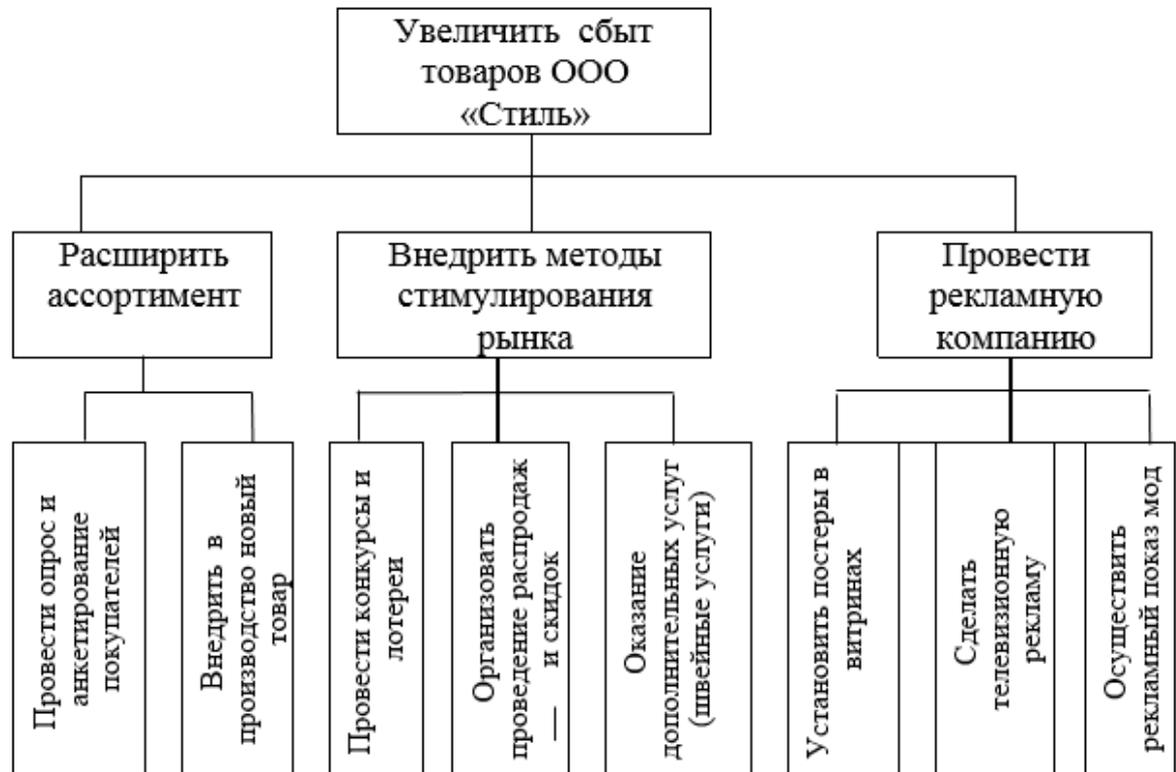


Рисунок 3.3 – Дерево целей

Лабораторная работа №4 «Структура систем»

Цель работы: Закрепить теоретические знания по основным понятиям теории систем и системного анализа, таким как: связь, состав системы, структура, страты, иерархические структуры, макроскопический и микроскопический анализ.

Перечень материалов для выполнения работы: Лекционный материал. Рекомендуемая литература, указанная в программе курса. Материалы и примеры по рассматриваемым структурам (приводятся ниже в данной лабораторной работе).

Задания к лабораторной работе

1. Определите модель состава системы. По названию и назначению заданной системы определите ее главную цель. В соответствии с назначением и целью системы разбейте исследуемую систему на подсистемы и элементы. Представьте исследуемую систему в графическом виде или в виде таблицы. Пример выполнения задания представлен в примере 7.

2. По названию и назначению заданной системы определите ее интегративное свойство (эмерджентность). В соответствии с интегративным свойством исследуемой системы определите компоненты и связи системы, в том числе с объектами окружающей среды. Постройте структурную схему системы. Информацию для построения взять в Internet. Пример выполнения задания представлен в примере 8.

Варианты систем для выполнения лабораторной работы: 1) процессор; 2) материнская плата; 3) ПЭВМ; 4) дверной звонок; 5) телефон; 6) монитор; 7) фотоаппарат; 8) автомобильная сигнализация; 9) автомат по сортировке овощей; 10) сканер; 11) видеокарта; 12) солнечная батарея; 13) кофемолка; 14) электронная мышь; 15) звуковая карта.

3. Построить организационную структуру ИрГАУ в редакторе MS WORD. Данные для построения взять в локальной сети ИрГАУ.

4. Подготовить устные ответы по приведенным ниже примерам.

Форма отчета по работе: Предоставление оформленных решений на проверку преподавателю и защита полученных выводов.

Контрольные вопросы к работе:

1. Приведите возможные определения понятия «связь».
2. Перечислите разновидности связей.
3. Вычислите максимальное количество возможных связей для системы с 50-ю элементами.
4. Дайте определение:
 - а) прямой связи;
 - б) обратной связи;
 - в) положительной обратной связи;
 - г) отрицательной обратной связи.
5. Приведите примеры обратных положительных и отрицательных связей:
6. Объясните суть упреждающей обратной связи.
7. Дайте определение понятия «структура».
8. Укажите различия между формальной и материальной структурами.
9. Перечислите основные типы структур.
10. Приведите графические примеры иерархических структур со слабыми и сильными связями.
11. В каких случаях используются многоуровневые иерархические структуры — страты?
12. Дайте определение стратификации.
13. Покажите отличия макроскопического и микроскопического анализов.
14. Какое множество объектов называется плохо структурируемым?

Теоретические материалы и примеры:

Совокупность всех элементов, из которых состоит система, образует

ее *состав*. Состав системы сводится к полному перечню ее элементов.

Связи в системе осуществляют взаимодействие между ее элементами, а также между системой в целом и средой.

С кибернетической точки зрения связь - это способ взаимодействия входов и выходов элементов системы между собой и с окружающей средой. Связь между выходом одного элемента и входом другого относится к *прямой связи*, а связь между выходом и входом одного и того же элемента — к *обратной связи*.

Различают положительные и отрицательные обратные связи. *Положительная* (усиливающая) обратная связь усиливает тенденцию изменения выхода системы, а *отрицательная* (уравновешивающая) — ее уменьшает.

Взаимосвязи элементов системы, ее строение отражает *структура* — устойчивая упорядоченность в пространстве и во времени ее элементов и связей между ними. Структура является важнейшей характеристикой системы, так как при одном и том же составе элементов, но при различном взаимодействии между ними меняется и назначение системы, и ее возможности.

Следует различать два определяющих понятия структуры: *формальная* структура и *материальная* структура. Первая — описывает нечто общее, присущее системам одного типа. Вторая является носителем конкретных типов и параметров элементов системы и их взаимосвязей. При этом фиксированной цели соответствует, как правило, одна и только одна формальная структура, а одной формальной структуре может соответствовать множество материальных структур.

Существует множество разнообразных структур (линейная, кольцевая, сотовая, многосвязная, сетевая, звездная, иерархическая), которые могут быть представлены в графической или матричной форме, форме теоретико-множественного описания и др.

Большой интерес представляют *иерархические* структуры, которые

получили наиболее широкое распространение при анализе и проектировании систем управления.

При описании сложных систем основная проблема состоит в том, чтобы, с одной стороны, отразить в модели целостное представление об исследуемом или проектируемом объекте, а с другой — дать его детальное описание. Здесь на помощь приходит иерархическое описание системы в виде *страт (стратификация)* — представление системы семейством моделей, каждая из которых описывает поведение системы с точки зрения соответствующего уровня абстрагирования.

Основные уровни (страты) изучения систем: макроскопический и микроскопический анализы.

Макроскопический анализ заключается в игнорировании деталей структуры системы и наблюдении только общего поведения системы как целого.

Микроскопический анализ детально описывает каждый из компонентов системы; центральным при этом является понятие элемента; изучаются связи и функции элементов, структура системы и др.

Одна и та же система может быть представлена разными структурами в зависимости от стадии познания объектов или процессов, от аспекта их рассмотрения, цели создания. По мере развития исследований или в ходе проектирования структура системы может изменяться.

Примерами структур могут быть структура извилин мозга, организационная структура предприятия, структура государственного устройства, структура кристаллической решетки вещества, структура микросхемы и др. Кристаллическая решетка алмаза - структура неживой природы; пчелиные соты, полосы зебры - структуры живой природы; озеро - структура экологической природы; партия (общественная, политическая) - структура социальной природы; Вселенная - структура как живой так и неживой природы.

Структуры систем бывают разного типа, разной топологии (или же пространственной структуры).

Основные топологии структур (систем)

Линейная (последовательная) структура характеризуется тем, что каждый элемент связан с двумя соседними. При выходе из строя хотя бы одного элемента (связи) структура разрушается. Примером такой структуры является конвейер.

Кольцевая структура отличается замкнутостью, любые два элемента обладают двумя направлениями связи. Это повышает скорость обмена информацией, делает структуру более живучей.

Многосвязная структура имеет структуру полного графа. За счет наличия кратчайших путей надежность ее функционирования максимальная, эффективность функционирования высокая, однако стоимость тоже максимальная.

Звездная структура имеет центральный узел, который выполняет роль центра, все остальные элементы системы являются подчиненными.

Графовая структура используется обычно при описании производственно-технологических систем.

Сетевая структура или сеть (разновидность графовой структуры) представляет собой декомпозицию системы во времени. Например, сетевая структура может отображать порядок действия технической системы (телефонная сеть, электрическая сеть и т. п.), этапы деятельности человека (при производстве продукции — сетевой график, при проектировании — сетевая модель, при планировании — сетевая модель, сетевой план и т. д.).

Иерархическая структура получила наиболее широкое распространение при проектировании систем управления. Все элементы, кроме верхнего и нижнего уровней, обладают как командными, так и подчиненными функциями управления. Иерархические структуры представляют собой декомпозицию системы в пространстве. Все вершины

(узлы) и связи (дуги, ребра) существуют в этих структурах одновременно (не разнесены во времени).

Иерархические структуры, в которых каждый элемент нижележащего уровня подчинен одному узлу (одной вершине) вышестоящего (и это справедливо для всех уровней иерархии), называют *древовидными* структурами (структурами *типа «дерева»*; иерархическими структурами с *сильными* связями) (рис. 4.1,а).

Структуры, в которой элемент нижележащего уровня может быть подчинен двум и более узлам (вершинам) вышестоящего уровня, называют иерархическими структурами со *слабыми* связями (рис. 4.1,б).

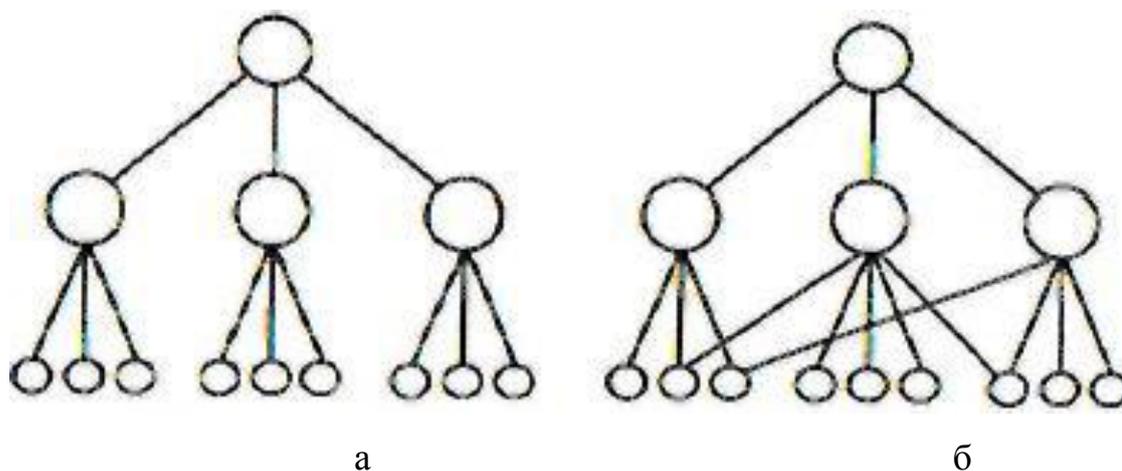


Рисунок 4.1 - Иерархические структуры с сильными (а) и слабыми (б) связями

В виде иерархических структур представляются конструкции сложных технических изделий и комплексов, структуры классификаторов и словарей, структуры целей и функций, производственные структуры, организационные структуры предприятий.

Пример 1. Примером линейной структуры является структура станций метро на одной (не кольцевой) линии. Примером иерархической структуры является структура управления вузом: “Ректор - Проректора - Деканы - Заведующие кафедрами и подразделениями - Преподаватели кафедр и

сотрудники других подразделений”. Пример сетевой структуры - структура организации строительно-монтажных работ при строительстве дома: некоторые работы, например, монтаж стен, благоустройство территории и др. можно выполнять параллельно.

Матричная структура (рис.4.2).

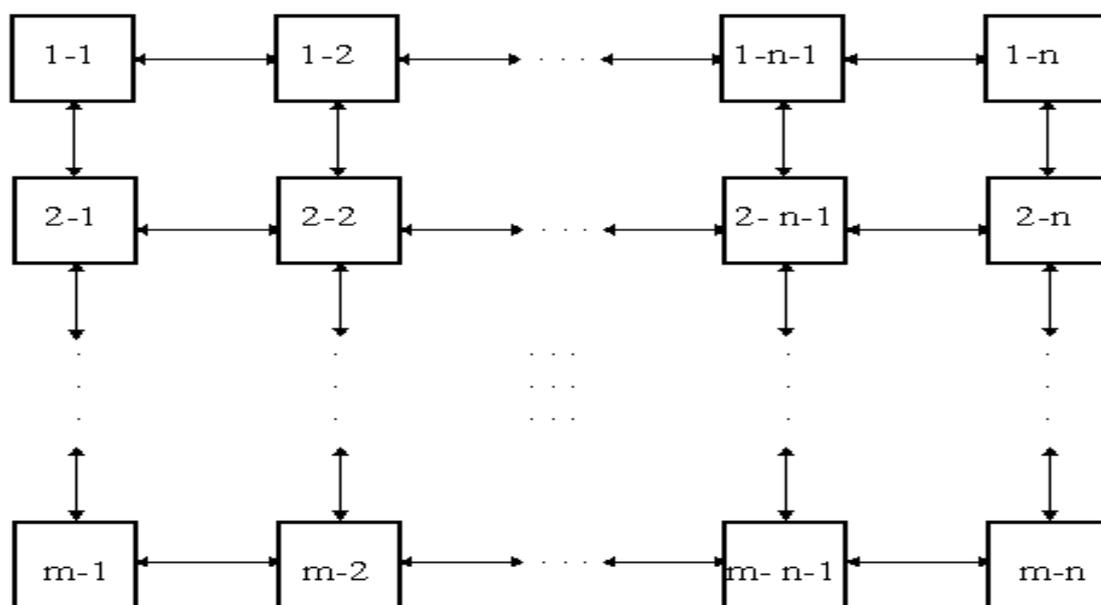


Рисунок 4.2 - Структура матричного типа

Пример матричной структуры - структура работников отдела НИИ выполняющих работы по одной и той же теме. Кроме указанных основных типов структур используются и другие, образующиеся с помощью их корректных комбинаций - соединений и вложений.

Пример 2. “Вложение друг в друга” плоскостных матричных структур может привести к более сложной структуре – структуре пространственной матричной (например, вещества кристаллической структуры) типа изображённой на рисунке 4.3). Структура сплава и окружающей среды (макроструктура) могут определять свойства и структуру сплава (микроструктуру).

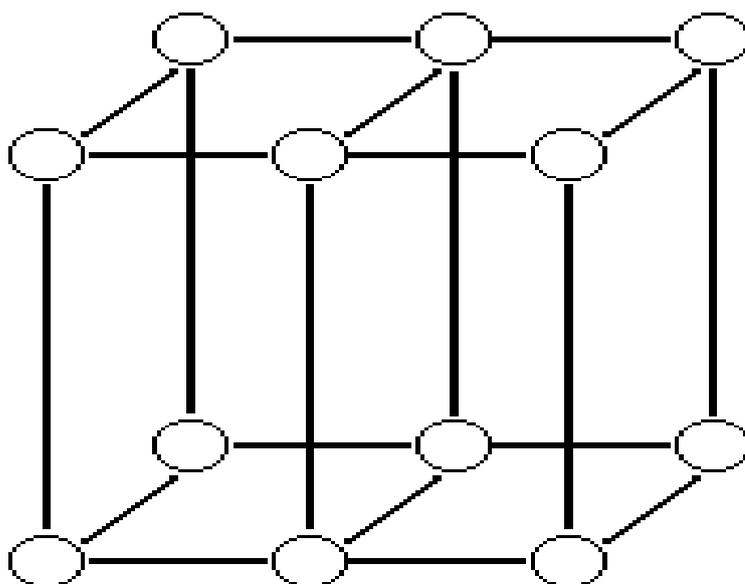


Рисунок 4.3 - Структура типа кристаллической

Такого вида структуры часто используются в системах с тесно связанными и равноправными (“по вертикали” и “по горизонтали”) структурными связями. В частности, такую структуру могут иметь системы открытого акционерного типа, корпорации на рынке с дистрибьютерной сетью и другие.

Пример 3. Из одинаковых элементов можно получать структуры различного типа.

Макромолекулы различных силикатов можно получать из одних и тех же элементов (Si , O).

Пример 4. Из одних и тех же составляющих рынка (ресурсы, товары, потребители, продавцы) можно образовывать рыночные структуры различного типа: ОАО, ООО, ЗАО и др. При этом структура объединения может определять свойства, характеристики системы.

Пример 5. Рассмотрим множество хороших друзей $X = \{\text{Иванов, Петров, Сидоров}\}$ и замечательных городов $Y = \{\text{Москва, Париж, Нальчик}\}$. Тогда можно построить структуру в R^3 (в пространстве трёх измерений - высота, ширина, длина), образуемую связыванием элементов X и Y , например, по принципу “кто где был” (рис. 4.4).

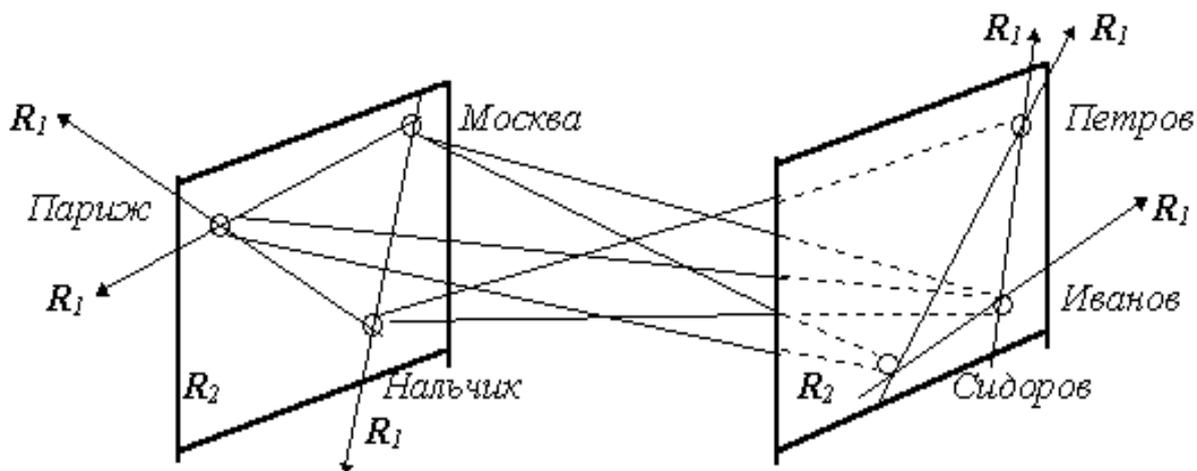


Рисунок 4.4 - Геометрическая иллюстрация сложных связанных структур

Пример 6. Если структура плохо описываема или определяема, то такое множество объектов называется **плохо структурируемым**. Плохо структурируемы будут проблемы описания многих исторических эпох, проблем микромира, общественных и экономических явлений, например, динамики курса валют на рынке, поведения толпы и др.

Плохо формализуемые и плохо структурируемые проблемы (системы) наиболее часто возникают на стыке различных наук, при исследовании синергетических процессов и систем.

Способность к нахождению решений в плохо формализуемых, плохо структурируемых средах - наиболее важная задача системного анализа.

Пример 7. Рассмотрим построение модели состава системы на примере систем телевидения «Орбита». Главной целью данной системы является передать зрительную и звуковую информацию на большое расстояние практически мгновенно.

Согласно поставленной цели данную систему разобьём на следующие подсистемы: «передача», «связь» и «прием». В свою очередь подсистему «передача» можно разбить на элементы системы «центральная телестудия» и «антенно-передающий центр», подсистему «связь» – на элементы «средства распространения радиоволн» и «спутники ретрансляторы», а

подсистему «приема» – на элементы «местные телецентры» и «телевизоры потребителей». Модель состава системы «Система телевидения «Орбита» можно представить в виде таблицы (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Модель состава системы «Система телевидения «Орбита»»

Система	Подсистемы	Элементы
Система телевидения «Орбита»	Передающая	Центральная телестудия
		Антенно-передающий центр
	Связь	Средства распространения радиоволн
		Спутники ретрансляторы
	Приемная	Местные телецентры
		Телевизоры потребителей

Пример 8. Построение структурной схемы системы

Рассмотрим систему «синхронизируемые часы». Перед моделированием внутренней структуры определим, интегративное свойство системы – точное совпадения показаний с эталоном времени. Считаем, что согласно интегративному свойству в состав исследуемой системы входят три элемента: датчик, индикатор и эталон времени. Структурная схема исследуемой системы представлена на рисунке 4.5.

На рисунке 4.5 описанные связи указаны стрелками: 1-3 – между элементами; вход 4 изображает поступление энергии извне; вход 5 – соответствует регулировке индикатора; вход 6 – показанию часов.

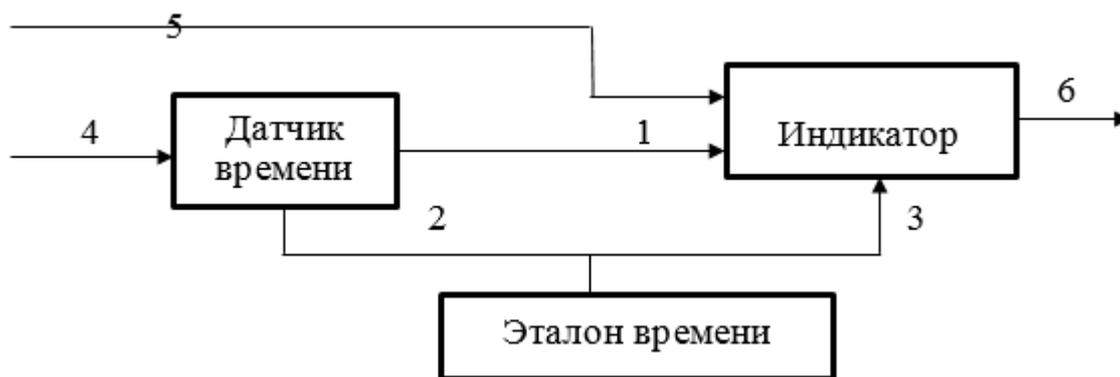


Рисунок 4.5 – Структурная схема системы «синхронизируемые часы»

Пример 9. На рисунках 4.6 – 4.7 приведены модели структур для различных подсистем социальной деятельности – производство конечного продукта (КП), коллектив.

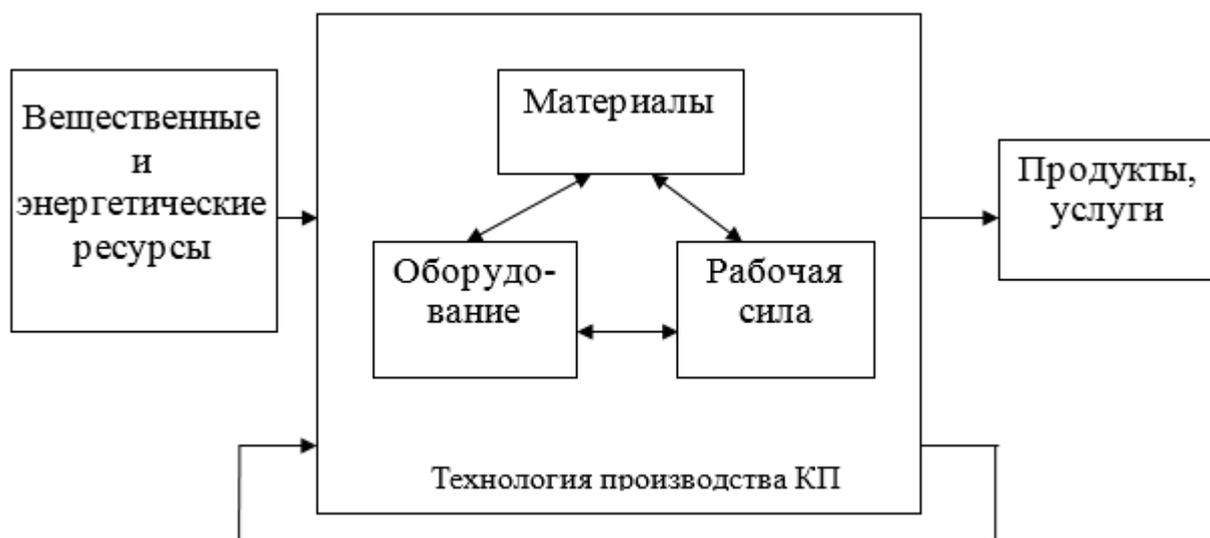


Рисунок 4.6. Модель структуры подсистемы «производство»

Если производство разных конечных продуктов (КП) очень отличается, то сначала нужно разделить на подсистемы – производители отдельных продуктов, а затем проводить декомпозицию по видам производственной деятельности. Если же технологический цикл производства различных конечных продуктов почти одинаков, осуществляется на одних и тех же площадях, то выделение подсистем-производителей различных видов продукции можно вообще не производить.

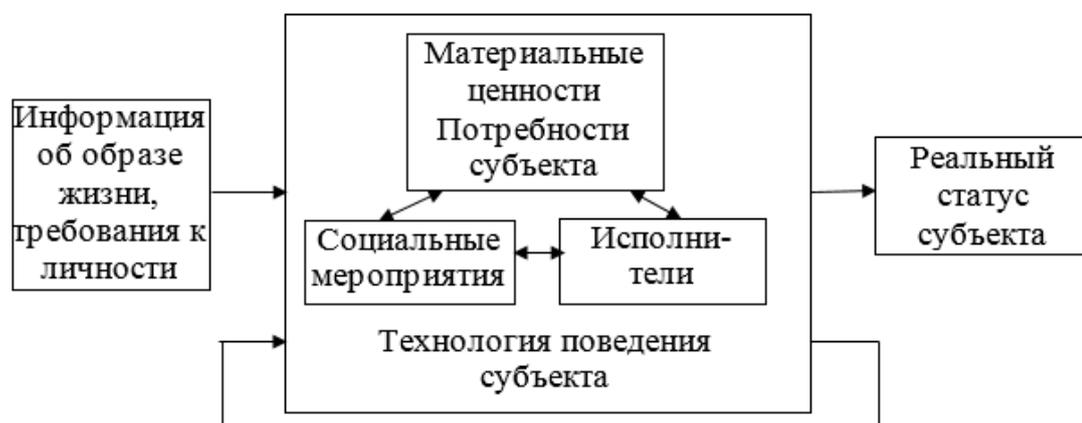


Рисунок 4.7. Модель структуры подсистемы «коллектив»

Лабораторная работа №5 «Модели в системном анализе»

Цель работы: Закрепить теоретические знания по характеристике понятий: модель, моделирование, модель «черный ящик», модель состава системы, модель структуры системы, статическая и динамическая модели.

Перечень материалов для выполнения работы: Лекционный материал. Рекомендуемая литература, указанная в программе курса. Материалы и примеры по рассматриваемым системам (приводятся ниже в данной лабораторной работе).

Задания к лабораторной работе

1. Изучите теоретическую часть данной лабораторной работы и пример 1 - построение модели «черный ящик» на примере системы "наручные часы".

По названию и назначению заданной системы определите ее главную и основные дополнительные цели.

Варианты систем для выполнения лабораторной работы:

1) процессор; 2) телевизор; 3) ПЭВМ; 4) дверной звонок; 5) телефон; 6) монитор; 7) фотоаппарат; 8) автомобильная сигнализация; 9) автомат по сортировке овощей; 10) сканер; 11) холодильник; 12) солнечная батарея; 13) кофемолка; 14) электронная мышь; 15) музыкальный центр.

2. В соответствии с назначением и целями системы определите существенные связи системы с объектами окружающей среды.

3. Определите и опишите существенные входы и выходы системы.

4. Постройте графическую модель «черный ящик», заданной системы.

5. Перечислите нежелательные входы и выходы системы.

6. Установите основные способы устранения возможных недостатков.

Форма отчета по работе: отчет по лабораторной работе должен включать: 1) цель работы; 2) исходные данные; 3) задачи работы; 4) теоретические сведения; 5) ход выполнения работы; 6) выводы.

Контрольные вопросы к работе:

1. Дайте определение понятия модели и моделирования.
2. Дайте определение понятия модели «черный ящик».
3. Дайте определение понятия модели состава системы.
4. В чем отличие модели «черный ящик от модели состава системы?
5. Назовите основные трудности построения модели состава системы.
6. Назовите основные трудности построения модели «черный ящик».
7. В чем заключается метод «черного ящика»?
8. В каких ситуациях применим метод «черного ящика»?
9. Назовите основные требования к построению моделей.
10. Какие свойства системы отображаются при моделировании?
11. Назовите принципиальное отличие динамической модели от статической.

Теоретические материалы и примеры:

Под моделированием системы понимают процесс создания модели, отражающей свойства системы, это способ исследования системы с помощью модели.

Модель - это объект-заместитель, воспроизводящий свойства и характеристики объекта-оригинала, имеющий по сравнению с оригиналом существенные преимущества (наглядность, обозримость, доступность испытаний и др.).

В основе моделирования лежит метод аналогий. *Аналогия* – подобие, сходство предметов в каких-либо признаках, отношениях. Убедившись в аналогичности двух объектов, предполагают, что функции, свойства одного объекта присущи и другому объекту, для которых они установлены.

Метод аналогий состоит в том, что изучается один объект – модель, а выводы переносятся на другой – оригинал.

Модель как инструмент исследования, позволяет на основе регулирования исходными параметрами, предположениями **прогнозировать поведение системы**. Она является **средством «упрощения»** объекта,

поскольку позволяет исследовать систему с точки зрения ее **существенных** характеристик, абстрагируясь от побочных влияний среды.

Модель черного ящика

- Наиболее простой, грубой формой описания системы является представление ее в виде черного ящика. Такое представление не раскрывает внутренней структуры, внутреннего устройства системы.
- Любая система связана со средой и с помощью этих связей воздействует на среду, т.е. у системы есть *выходы*, которые отражают ее целевое предназначение.
- С другой стороны для воздействия на систему, управления ей существуют *входы* системы. В результате такого представления получилась модель системы, которая называется черным ящиком.

Модель состава системы

- Внутреннее содержание системы раскрывает модель состава системы.
- В структуре системы можно выделить различные элементы, подсистемы, компоненты, причем, обозначенные понятия условны. В зависимости от цели, для решения которой строится модель, один и тот же объект может быть определен и в качестве элемента, и в качестве подсистемы. В зависимости от цели исследования, постановки задачи по достижению данной цели и исходной информации, имеющейся для решения задачи, одну и ту же систему можно представлять в виде различных частей, различных иерархий.
- Границы между системой и внешней средой определяются целями построения модели. Модель состава ограничивается снизу теми объектами, которые приняты в качестве элементов, а сверху - границей системы, определяемой целями анализа

Модель структуры системы

- Модель структуры системы еще глубже характеризует внутреннюю композицию системы. Модели данного типа наряду с характеристикой

состава системы отражают взаимосвязи между объектами системы: элементами, частями, компонентами и подсистемами. Таким образом, модель структуры системы является дальнейшим развитием модели состава.

– В реальных системах между объектами, входящими в их состав, имеется большое количество отношений. Отношения между элементами могут быть самыми разнообразными. Трудность состоит в том, что заранее не известно, какие отношения реально существуют, и является ли их число конечным. Задача аналитика заключается в выборе из множества реально существующих отношений между объектами, вовлеченными в систему, наиболее существенных. Критерием существенности отношений должна выступать опять же цель, для достижения которой строится модель. Таким образом, модель структуры является очередным шагом в развитии модели систем, описывающей существенные связи между элементами.

– В структурных моделях абстрагируются от содержательной стороны структурных схем, уделяя внимание наличию элементов и связей между ними.

Динамические модели систем

– Структурная модель отражает статическое состояние системы. Однако большинство задач системного анализа связано с изучением либо характеристик системы, либо с прогнозированием развития системы во времени, либо с анализом возможных траекторий развития, т.е. с изучением динамики системы, ее динамического поведения. Возникает необходимость построения новых моделей - динамических.

– Динамические модели отражают поведение систем, описывают происходящие с течением времени изменения, последовательность операций, действий, причинно-следственные связи. При построении динамических моделей на первом шаге анализируют изменения системы, которые хотят описать. Вычленяют части, этапы происходящего процесса, рассматривают их взаимосвязь. Заключительный этап построения

динамической модели системы состоит в построении математического описания анализируемых процессов.

Анализ систем ведется путем моделирования, т.е. через копии реальных объектов, отражающих их наиболее существенные стороны (признаки). Представление моделей весьма разнообразно: графическое (схемы, рисунки), матричное (таблицы) и т.п.

Очень широко в практике моделирования систем, особенно в условиях отсутствия (ограниченности) знаний об их структуре и организации, используется модель «черного ящика» (рис. 5.1).

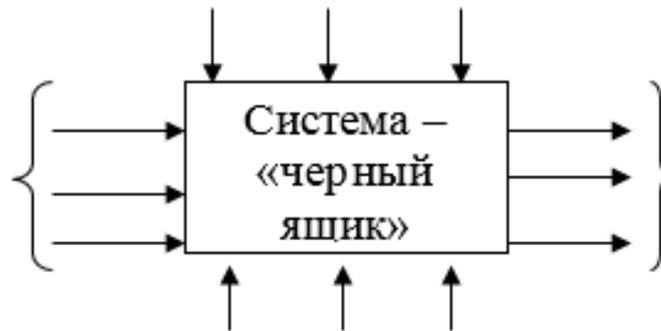


Рисунок 5.1 - Модель системы в виде "черного ящика": X, Z, Q - группы входов (факторов) системы: управляемых, неконтролируемых и неуправляемых, контролируемых и неуправляемых; Y – совокупность выходов (откликов) системы

«Черный ящик» - система, о внутренней организации поведения которой сведений нет, но существует возможность воздействия на ее входы и воспринимать воздействия ее выходов. При этом система изучается не как совокупность взаимодействующих элементов, а как *нечто целое* (неделимое), взаимодействующее со средой на своих входах и выходах.

Метод «черного ящика» применим в различных ситуациях:

- конструкция системы не интересует, важно знать только поведение системы;
- при недоступности внутренних процессов системы для

исследования;

– при многочисленных либо сложных элементах и связях, которые в принципе доступны, но это приводит к огромным затратам, либо изучение недопустимо по каким-либо соображениям.

Метод «черного ящика» заключается в следующем:

- 1) Наблюдение взаимодействий системы со средой, установление списка входных и выходных воздействий.
- 2) Воздействие на входы системы и регистрация ее выходов.
- 3) Установление зависимости между входом и выходом системы.

По мере изучения системы и пополнения информации о ее структуре и закономерностях организации «черный ящик» превращается в «серый», а затем «светлый». При этом наиболее абстрактное представление о системе («черный ящик») заменяется на менее абстрактную модель, в которой уже отображается органоструктура (т.е. структура цепочек действий и структура связей), а затем на весьма конкретную модель, в которой описывается совокупность элементов системы и их отношений (связей).

Пример 1. Рассмотрим построение модели «черный ящик» на примере системы "наручные часы". Главной целью данной системы является показание времени в произвольный момент и удобство ношения на запястье. Учитывая, что выходы соответствуют конкретизации цели, фиксируем в качестве выхода показание времени в произвольный момент, а в качестве входа – зрение человека и циферблат.

Данный вход и выход относятся ко всем часам, а не только к нашим наручным часам. Чтобы выполнить цель полностью, вносим следующее добавление (вход): запястье – ремешок или браслет и (выход): удобство ношения часов на запястье. Можно добавить и еще один вход: химический состав материалов и выход: удовлетворение требований санитарии и гигиены, так как не любое крепление часов на руке допустимо с этой точки зрения.

Далее, представив себе условия эксплуатации часов, можно добавить вход: механические удары, влага, пыль; выход: достаточная в бытовых условиях прочность, пылевлагодонепроницаемость. Затем, расширив понятие "условия эксплуатации часов", добавим еще два выхода: достаточную для бытовых нужд точность; легкость прочтения показаний часов при беглом взгляде на циферблат.

Можно еще более расширить круг учитываемых требований к часам, что позволит добавить несколько входов и выходов: соответствие моде и понятию красоты; соответствие цены часов покупательной способности потребителя. Очевидно, что список желаемых, т.е. включаемых в модель, входов и выходов можно продолжать. Например, можно потребовать, чтобы имелась возможность прочтения показаний часов в полной темноте, и реализация этого выхода приведет к существенному изменению конструкции часов, в которой могут быть различные варианты подсветки, считывания на ощупь или подачи звуковых сигналов. Можно рассмотреть еще и другие выходы, такие как габариты, вес и многие другие физические, химические, экономические и социальные аспекты использования наручных часов. Пример построения графической модели «черный ящик» системы «наручные часы» показан на рисунке 5.2.

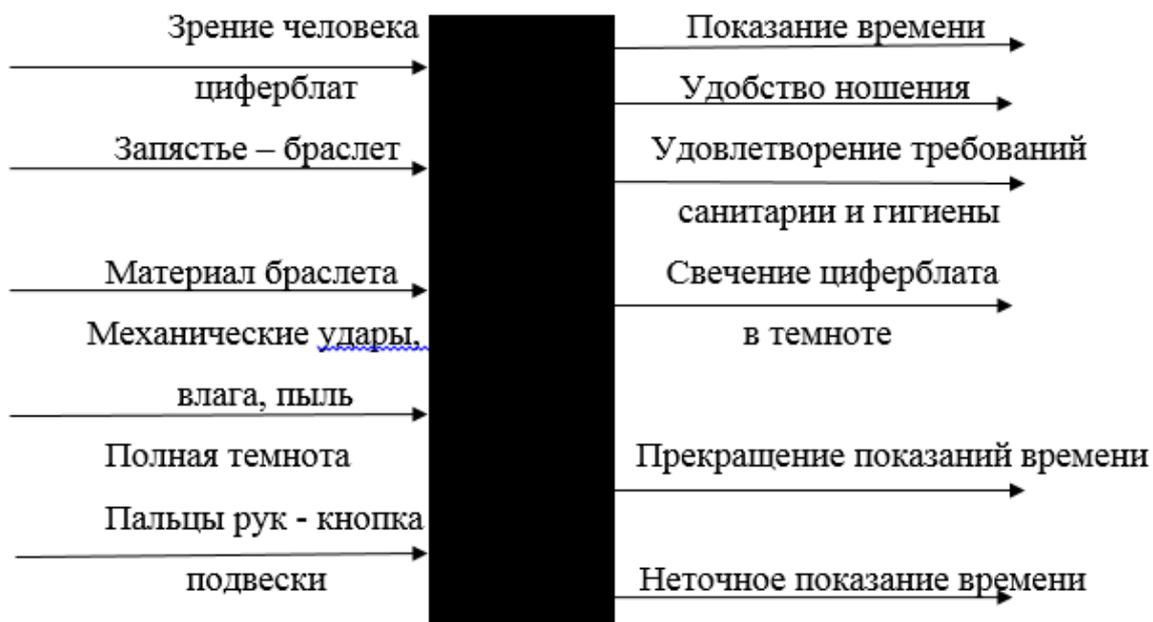


Рисунок 5.2 – Графическая модель «черный ящик» системы «наручные часы»

Приведем способы устранения недостатков системы «наручные часы»:

- для восстановления показаний времени необходимо заменить батарейки;

- для восстановления точности показаний времени необходимо произвести корректировку часов системы часы по эталону.

Лабораторная работа №6 «Методы генерации решений и методы выбора»

Цель работы: Закрепить теоретические знания по характеристике методов генерации решений и методов выбора.

Перечень материалов для выполнения работы: Лекционный материал. Рекомендуемая литература, указанная в программе курса. Материалы и примеры по рассматриваемым системам (приводятся ниже в данной лабораторной работе).

Задания к лабораторной работе

1. Рассмотреть пример (пример 1) использования метода морфологического анализа, приведенный ниже.

2. На основании этого примера самостоятельно выбрать объект с характерными признаками и альтернативными вариантами и провести морфологический анализ.

3. Требуется оценить качество услуг предоставляемых тур-фирмой. Для решения задачи воспользоваться методом Дельфи. Перед выполнением задания разобрать пример 2.

Указания к третьему заданию: разделить группу студентов на две подгруппы: так называемые «рабочую группу» для сбора и обобщения мнений экспертов, и экспертную группу, которая состоит «специалистов», владеющих вопросами по обсуждаемой теме. Далее следует подготовить анкету, указав в ней поставленную проблему, уточняющие вопросы. Формулировки должны быть четкими и однозначно трактуемыми, предполагать однозначные ответы. Затем провести опрос экспертов в соответствии с методикой, предполагающей при необходимости повторение процедуры. Полученные ответы служат основой для формулирования вопросов для следующего этапа. И, наконец, обобщить экспертные заключения и выдать рекомендации по поставленной проблеме.

Провести голосование между экспертами, при этом попросив их ответить на следующие вопросы:

- Самооценка.
- Оценка качества услуг.
- Комментарий.

Результаты голосования рабочая группа должна внести в таблицу 6.1. Обработать данные, вычислив следующие значения:

- Среднегрупповая самооценка.
- Среднее значение.

– Средневзвешенная оценка.

Проводить переголосование пока доверительный интервал не будет меньше 2.

Таблица 6.1 - Результаты голосования

Эксперт	Самооценка	Оценка услуг	Комментарий
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Форма отчета по работе: Предоставление оформленных решений на проверку преподавателю и защита полученных выводов.

Контрольные вопросы к работе:

1. В каком случае отсутствует проблема принятия решения?
2. Что понимается под постановкой задачи?
3. Объясните суть целевой функции (функции цели).
4. Перечислите формальные методы построения моделей.
5. Перечислите основные эвристические методы построения моделей.
6. Поясните суть методов мозгового штурма, метода разработки сценариев, экспертных оценок, типа Дельфи.

Теоретические материалы и примеры

Главной целью системного анализа можно считать оказание помощи в понимании и решении имеющейся проблемы для перевода проблемы в задачу принятия решения, т. е. ведет к постановке такой задачи. Поставить задачу означает, прежде всего, понять ее условия, что достигается путем выбора соответствующего представления (описания), т. е. модели.

Существующие методы формирования моделей представляют собой некий спектр методов, дающих различную степень формализации — от

вербального описания до аналитических зависимостей. Этот «спектр» методов разделяют на два больших класса: *методы формализованного представления систем (количественные)* и *методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов (эвристические, качественные)*.

К методам формализованного представления систем относятся: *аналитические* и *статистические* методы, *методы дискретной математики* и *графические* методы.

Качественные методы используются на начальных этапах моделирования для разработки концептуальной модели системы.

Количественные методы используются на последующих этапах моделирования для количественного анализа альтернативных вариантов системы.

К *основным* методам качественного оценивания систем относят:

- методы коллективной генерации идей или мозговой атаки;
- разработки сценариев;
- SWOT-анализ;
- экспертных оценок;
- типа Дельфи;
- типа дерева целей;
- морфологические методы.

Методы коллективной генерации идей (мозгового штурма, метод отнесенной оценки).

Метод, при котором эксперты сначала высказывают любые оценки без права их критики другими и только потом анализируют эти оценки и по ним делают выводы. При этом в качестве экспертов могут привлекаться не только специалисты по данной проблеме, но и специалисты в других областях.

Основная гипотеза – среди большого числа идей найдется несколько полезных для решения поставленной задачи.

Правила генерации идей:

- обеспечение свободы мышления участников и высказывания ими новых идей;
- приветствуются любые идеи, даже абсурдные на первый взгляд;
- обсуждение и оценка идей происходит после накопления определенного банка идей;
- открыто высказываются поддержка или несогласие с конкретной идеей.

Различают разновидности мозговых атак: прямая атака, обмен мнениями, суды (2 стороны), деловые игры и т.д.

Недостаток метода – слабая защита участников от влияния авторитетных персон, мнения большинства.

Пример

Заседания советов, комиссий и т.д.

Метод SWOT-анализа

Основная идея – метод планирования путем оценки факторов и явлений, влияющих на проект (систему, задачу).

Все факторы делятся на 4 категории:

- «**strengths**» (от англ. – сильные стороны),
- «**weaknesses**» (от англ. – слабые стороны),
- «**opportunities**» (от англ. – возможности),
- «**threats**» (от англ. – угрозы), что и дало название методу SWOT-анализ (SWOT – это аббревиатура, составленная из 4 английских слов).

Метод включает определение цели проекта и выявление внутренних и внешних факторов, способствующих её достижению или осложняющих его (таблица 6.2).

Таблица 6.2

	Положительное влияние	Отрицательное влияние
Внутренняя среда	Strengths – свойства проекта, дающие преимущества перед другими	Weaknesses – свойства, ослабляющие проект
Внешняя среда	Opportunities – внешние факторы, дающие дополнительные возможности по достижению цели	Threats – внешние факторы, которые могут осложнить достижение цели

Другой вариант составления SWOT-таблицы предполагает выявление мероприятий, направленных на усиление положительных возможностей и ослабления отрицательных сторон (таблица 6.3).

Таблица 6.3

	Положительное влияние	Отрицательное влияние
Возможности	Strengths – мероприятия, использующие сильные стороны для увеличения возможностей	Weaknesses – мероприятия, использующие имеющиеся возможности для преодоления слабых сторон
Угрозы	Opportunities – мероприятия, использующие сильные стороны для избегания угроз	Threats – мероприятия, использующие имеющиеся возможности, для избегания угроз

Методы разработки сценариев

Сценарием называют любой документ, **содержащий анализ рассматриваемой проблемы и предложения по ее решению.**

Это метод подготовки представления о проблеме или объекте, изложенный в письменном виде. Сценарий предусматривает не только содержательные рассуждения, но и содержит результаты количественного анализа.

Сценарий является предварительной информацией, т.е. помогает составить представление о проблеме, а затем уже на его основе приступить к более формализованному представлению системы.

Пример

Технико-экономическое обоснование, прогноз развития, заявка для тендера и т.д.

Рекомендуется разрабатывать “верхний” и “нижний” сценарии – как бы крайние случаи, между которыми может находиться возможное будущее. Иногда полезно включать в сценарий воображаемый активно противодействующий элемент, моделируя тем самым “наихудший случай”. Кроме того, рекомендуется не разрабатывать детально (как ненадежные и непрактичные) сценарии, слишком “чувствительные” к небольшим отклонениям на ранних стадиях.

Методы экспертных оценок

При использовании экспертных оценок обычно предполагается, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного эксперта при соблюдении определенных требований.

К числу таких требований относятся:

- распределение оценок, полученных от экспертов, должно быть «гладким»;
- две групповые оценки, данные двумя одинаковыми подгруппами, выбранными случайным образом, должны быть близки.

Метод «Дельфи»

Метод предполагает отказ от прямых коллективных суждений. Дебаты заменяются индивидуальными опросами в форме заполнения таблиц экспертной оценки. Ответы экспертов обобщают и вместе с новой дополнительной информацией и обобщенными аргументами передают в распоряжение экспертов, после чего они уточняют свои первоначальные ответы. Метод использует статистическую обработку собранных данных

с последующей их корректировкой для вероятностной оценки достоверности полученных результатов.

Такая процедура повторяется несколько раз до достижения приемлемой сходимости высказанных мнений.

Следует отметить, что достоинства этого метода состоят в том, что метод Дельфи способствует выработке независимости мышления членов группы; обеспечивает спокойное и объективное изучение проблем, которые требуют оценки. А недостатками метода являются чрезмерная субъективность оценок.

Морфологические методы

Метод морфологического анализа (МА) разработан в 30-е годы швейцарским астрономом Ф. Цвикки. МА основан на комбинаторике. Суть данного метода заключается в следующем. В проектируемом объекте выбирают группу основных признаков. В качестве признаков могут быть элементы конструкции либо функции элементов. Для каждого признака предлагаются различные альтернативные варианты его реализации. Затем предложенные варианты *комбинируют* между собой. Из всего множества получаемых комбинаций выбираются допустимые, а затем наиболее эффективные варианты по некоторым критериям качества.

Пример 1. Рассмотрим последовательность проведения морфологического анализа, поясняя содержание каждого этапа на примере разработки сумки, предназначенной для учебных занятий студентов.

Этап 1. Постановка задачи.

Здесь формулируются: проблемная ситуация, требования (ограничения) к проектируемому объекту, критерии оценки качества вариантов.

Пример. Проблемная ситуация – выпускаемые сумки имеют неудобные размеры, не надежны, не модны.

Требования – сумка должна вмещать 5 тетрадей, 3 книги, иметь карманы для денег и ручек.

Критерии: стоимость, эстетичность, надежность.

Этап 2. Выделение признаков объекта и формирование морфологической таблицы.

На данном этапе выделяются признаки (элементы конструкции объекта, функции, свойства) и разрабатываются альтернативные варианты для каждого признака. В качестве отдельных альтернатив могут быть комбинации уже предложенных вариантов. Результаты этапа оформляются в виде морфологической таблицы.

В таблице 6.4 приведена морфологическая таблица для проектирования различных вариантов сумки.

Таблица 6.4 - Морфологическая таблица проектирования сумки

Признаки	Альтернативные варианты			
	1	2	3	4
Форма сумки	A11- плоская удлиненная вширь	A12- плоская удлиненная вниз	A13- круглая (цилиндр)	A14 - сундучок
Форма и размер ручек	A21 – одна длинная	A22 – две коротких	A23 – как у рюкзака	A24=A21+A22 (одна длинная и 2 коротких)
Материал сумки	A31 – кожа	A32 - кожзаменитель	A33 - болонь	
Застежка	A41 - молния	A42 -застежки	A43 -липучки	
Расположение карманов	A51 – один наружный	A52 – один внутренний	A53 = A51 + A52	
Украшения	A61 – аппликация	A62 - металлические заклепки	A63 = A61 + A62	

Этап 3. Формирование комбинаций по всем признакам и сокращение комбинаций

Взяв из каждой строки морфологической таблицы по одному варианту получим вариант решения:

$$P1 = A11, A21, A31, A41, A51, A61;$$

$$P2 = A11, A21, A31, A41, A51, A62;$$

$P3 = A11, A21, A31, A41, A51, A63;$

...

Общее количество возможных решений равно:

$$N = n_1 \times n_2 \times \dots \times n_m,$$

где n_i – число альтернативных вариантов по i -тому признаку.

Для нашего примера: $N = 4 \times 4 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 1296$.

Сокращение числа решений ведется за счет отбрасывания наихудших комбинаций альтернатив, а именно: несовместимых, наименее эффективных и труднореализуемых, не соответствующих требованиям.

Рассмотрим один из эвристических приемов сокращения комбинаций. Предлагается комбинировать альтернативы не по всем сразу признакам, а сначала рассмотреть комбинации альтернатив по двум признакам и отбросить наихудшие комбинации. Затем оставшиеся комбинации комбинируются с еще одним признаком и т.д.

Берем 2 признака – «Форма сумки» и «Форма и размер ручек». В таблице 6.5 каждая ячейка (на пересечении строк и столбцов) соответствует комбинации этих признаков. Наихудшие варианты вычеркнуты (помечены крестиком)

Таблица 6.5

Форма сумки	Форма и размер ручек			
	A21	A22	A23	A24
A11	×		×	
A12	×	×		×
A13		×	×	×
A14	×		×	×

Оставшиеся комбинации - $A11+A22, A11+A24, A12+A23, A13+A21, A14+A22$ – далее комбинируются с вариантами еще одного признака, например, «Материал сумки». В таблице 6 отображены результаты выбора комбинаций на данном шаге.

Таблица 6.6

Материал сумки	Форма сумки + Форма и размер ручек				
	A11+A22	A11+A24	A12+A23	A13+A21	A14+A22
A31	×		×	×	
A32	×				
A33		×			×

Процесс продолжается, пока не будут использованы все признаки.

Оставшиеся комбинации образуют множество перспективных решений. Из этого множества в дальнейшем может быть выбрано оптимальное решение, например, с помощью методов выбора.

Пример 2.

Постановка задачи

Оценить качество обслуживания в университетской столовой.

Способ решения

Приглашено 12 экспертов. Каждому эксперту дана анкета с просьбой оценить уровень обслуживания и коэффициент самооценки.

Эксперт ставит себе индивидуальную самооценку в баллах (от 0 до 10).

Эксперт оценивает уровень обслуживания в процентах (от 0 до 100).

Работа проводится индивидуально и анонимно.

Пусть критерий оценки есть длина интервала не более 20%.

Результаты после первого тура отображены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Результаты первого тура

№ эксперта	Коэффициент самооценки	Уровень обслуживания	Комментарий
1	9	88	Всё хорошо, но кисель холодный.
2	7,5	95	Замечательно, но на столе не было соли.
3	8	67	Очень медленно

			обслуживали.
4	8,6	50	Не работают туалеты.
5	9,6	55	Хамское поведение уборщицы.
6	10	53	Дорого, медленно обслуживали.
7	7	98	Всё устраивает.
8	6,1	72	Мешали спокойно кушать.
9	10	78	Не очень вкусно приготовлено.
10	8,4	92	Всё вкусно, почти как дома.
11	6	80	Посуда плохо помыта.
12	5,8	54	Муха в компоте.

Далее производятся следующие вычисления:

Среднегрупповая оценка – сумма коэффициентов самооценки по отношению к количеству экспертов:

$$S_{\text{ср.гр.}} = \frac{9+7,5+8+8,6+9,6+10+7+6,1+10+8,4+6+5,8}{12} = 8$$

Среднее значение оценки услуг – сумма оценки услуг по оценке каждого эксперта по отношению к количеству экспертов:

$$S_{\text{ср.спр.}} = \frac{88+95+67+50+55+53+98+72+78+92+80+54}{12} = 73,5$$

Средневзвешенная оценка спроса – сумма произведений коэффициента самооценки на уровень спроса по отношению к сумме коэффициентов самооценки:

$$S_{\text{ср.взв.}} = \frac{9*88+7,5*95+8*67+8,6*50+9,6*55+10*53+7*98+6,1*72+10*78+8,4*92+6*80+5,8*54}{9+7,5+8+8,6+9,6+10+7+6,1+10+8,4+6+5,8} = 72,9$$

Медиана (значение признака, которое лежит в основе ранжированного ряда и делит этот ряд на две равные по численности части) - рассчитывается т.к. четное число экспертов) как среднеарифметическое значение между серединными оценками:

Упорядоченные оценки:

$$98 - 95 - 92 - 88 - 80 - 78 - 72 - 67 - 55 - 54 - 53 - 50$$

$$ME = \frac{78+72}{2} = 75$$

Далее находим область доверительности (это область в пространстве параметров, в которую с заданной вероятностью входит неизвестное значение оцениваемого параметра распределения):

Минимальная оценка из набора экспертиз – 50, максимальная – 98. Квартиль (четвертая часть всей совокупности данных выборки, представленной в виде вариационного ряда) будет равен – $\frac{98-50}{4} = 12$.

Следовательно:

Нижняя граница доверительной области – $50+12=62\%$, верхняя – $98-12=86\%$.

Соответственно доверительный интервал: от 62% до 86%, то есть равен 24 и, значит, первый тур не соответствует поставленному критерию. Необходимо провести второй, то есть отправить экспертам анкеты повторно с просьбой переголосовать и указать причину изменения своего мнения.

Результаты после второго тура отображены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 - Результаты второго тура

№ эксперта	Коэффициент самооценки	Уровень обслуживания	Комментарий
1	9	88 80	Всё хорошо, но кисель холодный. Претензии персоналу не были учтены.
2	7,5	95 80	Замечательно, но на столе не было соли. Стоит уважительней относиться к посетителям.
3	8	67	Очень медленно обслуживали.
4	8,6	50 65	Не работают туалеты. В районе в это время не было воды.
5	9,6	55 60	Хамское поведение уборщицы.

			Все заведение не оценивается только из-за уборщицы.
6	10	53	Дорого, медленно обслуживали.
7	7	85	Всё устраивает. Не уверен, что оценил все аспекты данного заведения.
8	6,1	72	Мешали спокойно кушать.
9	10	78	Не очень вкусно приготовлено.
10	8,4	92	Всё вкусно, почти как дома.
11	6	80	Посуда плохо помыта.
12	5,8	54	Муха в компоте.

Далее производятся следующие вычисления:

Среднегрупповая оценка – сумма коэффициентов самооценки по отношению к количеству экспертов:

$$S_{\text{ср.гр.}} = \frac{9 + 7,5 + 8 + 8,6 + 9,6 + 10 + 7 + 6,1 + 10 + 8,4 + 6 + 5,8}{12} = 8$$

Среднее значение спроса – сумма уровней спроса по оценки каждого эксперта по отношению к количеству экспертов:

$$S_{\text{ср.спр.}} = (80 + 80 + 67 + 65 + 60 + 53 + 85 + 72 + 78 + 92 + 80 + 54) / 12 = 72,17$$

Средневзвешенная оценка спроса – сумма произведений коэффициента самооценки на уровень спроса по отношению к сумме коэффициентов самооценки:

$$S_{\text{ср.взв.}} = (9 * 80 + 7,5 * 80 + 8 * 67 + 8,6 * 65 + 9,6 * 60 + 10 * 53 + 7 * 98 + 6,1 * 72 + 10 * 78 + 8,4 * 92 + 6 * 80 + 5,8 * 54) / (9 + 7,5 + 8 + 8,6 + 9,6 + 10 + 7 + 6,1 + 10 + 8,4 + 6 + 5,8) = 71,89$$

Медиана (т.к. четное число экспертов) рассчитывается как среднеарифметическое значение между серединными оценками:

Упорядоченные оценки:

$$92 - 85 - 80 - 80 - 80 - 78 - 72 - 67 - 65 - 60 - 54 - 53$$

$$ME = \frac{78 + 72}{2} = 75$$

Далее находим область доверительности:

Минимальная оценка из набора экспертиз – 53, максимальная – 98.
Квартиль будет равен – $(92-53)/4=9.75$

Следовательно:

Нижняя граница доверительной области – $53+9.75=62.75\%$, верхняя – $92-9.75=82.25\%$.

Соответственно доверительный интервал: от 62.75% до 82.25%, то есть равен 19.50 и, значит, второй тур соответствует поставленному критерию.

Лабораторная работа №7 «Системный подход к прогнозированию»

Цель работы: Закрепить теоретические знания по основным понятиям прогноз, прогнозирование, экстраполяция, экстраполяционный, модельный, экспертный подходы к прогнозированию.

Перечень материалов для выполнения работы: Лекционный материал. Рекомендуемая литература, указанная в программе курса. Материалы и примеры по рассматриваемым системам (приводятся ниже в данной лабораторной работе).

Задания к лабораторной работе

1. Предсказать будущее значение $y(x)$ по существующим значениям x , используя экстраполяционный подход к прогнозированию, определив вид связи $y(x)$ по известным значениям x . При выполнении задания руководствоваться примером 1. Вариант задания выбрать в соответствии с порядковым номером в журнале преподавателя.

2. Определить критерии оценок значимости научных разработок и т.п для прогноза по уровню спроса на (любой) товар. Вопросы в анкетах должны быть тщательно продуманы и четко сформулированы. Задание выполнять, используя метод Дельфи. При выполнении задания

руководствоваться примером 2 данной лабораторной работы и примером 2 шестой лабораторной работы.

Варианты к первому заданию

Вариант 1. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую час работы в кассе магазина с количеством вырученных денег от продажи товаров.

час	1	2	3	4	5	6	7	8
сумма	3000	6300	9900	12000	16000	17600	22000	24000

Вариант 2. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер недели с продажей ПК.

неделя	1	2	3	4	5	6	7	8
кол-во ПК	12	18	25	30	32	34	36	40

Вариант 3. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер недели с количеством времени на ремонт оборудования.

неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9
время	5	10	14	18	22	26	30	34	40

Вариант 4. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер недели с количеством времени на техническое обслуживание.

неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9
время	12	17	23	30	35	40	48	54	59

Вариант 5. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер оборудования с количеством времени на отделку детали.

номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
время	12	21	30	36	44	54	61	70	78	88

Вариант 6. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер дня в неделе с количеством вырученных денег от продажи книг в магазине.

номер	1	2	3	4	5	6	7
сумма	7	17	19	28	35	42	41

Вариант 7. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер недели с выпуском рекламных роликов.

номер	1	2	3	4	5	6	7
КОЛ-ВО	3	7	9	13	15	19	23

Вариант 8. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер оборудования с количеством времени на отделку детали.

номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
время	12	21	30	36	44	54	63	72	79	88

Вариант 9. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер кассы с количеством времени на техническое обслуживание клиентов.

номер	1	2	3	4	5	6	7
время	5	7	9	10	13	15	17

Вариант 10. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер автомата с количеством проданных билетов.

номер	1	2	3	4	5	6	7	8
кол-во	12	16	22	28	34	40	48	55

Вариант 11. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер дня в неделе с количеством, принятых вещей в химчистке.

номер	1	2	3	4	5	6
кол-во	12	15	19	23	27	33

Вариант 12. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер недели с количеством принятой на ремонт аппаратуры.

неделя	1	2	3	4	5	6	7	8
кол-во	11	15	19	23	32	43	52	67

Вариант 13. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер оборудования с количеством времени на отделку детали.

номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

время	12	21	30	36	44	54	61	77	90	120
-------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Вариант 14. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер недели с количеством времени на технологическую операцию по отделке детали.

номер	1	2	3	4	5	6	7	8
время	11	15	23	35	45	55	65	79

Вариант 15. Требуется найти аналитическую зависимость, связывающую номер недели с количеством вырученных от продажи денег в магазине.

номер	1	2	3	4	5	6	7	8
сумма	2000	2150	2500	2700	3100	3200	3500	3700

Форма отчета по работе: Предоставление оформленных решений на проверку преподавателю и защита полученных выводов.

Контрольные вопросы к работе:

1. Объясните понятия «прогноз» и «прогнозирование».
2. Перечислите основные виды прогнозов по времени упреждения.
3. Назовите основную гипотезу, лежащую в основе прогнозирования.
4. Объясните суть экстраполяции.
5. Перечислите основные подходы к прогнозированию.
6. Раскройте суть экстраполяционного подхода к прогнозированию.
7. Укажите основные достоинства и недостатки экстраполяционного подхода.
8. Раскройте суть модельного подхода к прогнозированию.
9. Как оценивается качество прогнозных математических моделей?
10. Раскройте суть экспертного подхода к прогнозированию.

11. Укажите основные достоинства и недостатки экспертного подхода.

12. Назовите основные методы экспертного подхода и поясните их суть.

Теоретические материалы и примеры:

Процесс разработки прогнозов называется **прогнозированием**. Прогнозирование означает предсказание состояния какого-либо объекта, процесса или явления в будущем. Фактически любое моделирование дает прогноз, т. е. отвечает на вопрос: «Что будет, если...?». По времени упреждения прогнозирование разделяется на текущее, краткосрочное, среднесрочное, долгосрочное и сверхдолгосрочное.

Основой любого прогнозирования является гипотеза об инерционности объекта. Причем инерционность можно рассматривать не только временную, но и более широко — инерционность функциональную, когда функциональная зависимость прогнозируемого показателя от факторов, на него влияющих, известная на некотором интервале изменения этих факторов, продолжается и за пределами интервала. На инерционности построен метод научного исследования — **экстраполяция** — распространение результатов, полученных из наблюдений над одной частью явления, на другую его часть.

Можно выделить следующие **основные подходы к прогнозированию**: *экстраполяционный* (единственной причиной изменения прогнозируемого показателя считается время), *модельный* (ищется функциональная зависимость прогнозируемого показателя от факторов, на него влияющих) и *экспертный* (прогноз на основании мнений экспертов).

Экспертный подход основывается на экспертных оценках специалистов в своей области. **Экспертные оценки** — это *неформальный прогноз, основанный на опыте и интуиции специалистов-экспертов*.

Методы коллективных экспертных оценок разделяются на метод комиссий, метод отнесенной оценки и дельфийский метод.

Целью метода «Дельфи» является получение информации высокой степени достоверности в процессе анонимного сбора и оценки мнений участников экспертных групп для принятия управленческого решения. Для достижения указанной цели метод использует серию анкетирований, в которых анализируются мнения экспертов относительно будущих событий и возможных инноваций (прогнозы экспертов), и статистическую обработку собранных данных с последующей их корректировкой для вероятностной оценки достоверности полученных результатов.

Следует отметить, что достоинства этого метода состоят в том, что метод Дельфи способствует выработке независимости мышления членов группы; обеспечивает спокойное и объективное изучение проблем, которые требуют оценки. А недостатками метода являются чрезмерная субъективность оценок; подготовка к проведению занятий такого типа требует достаточно много времени и организационных усилий.

Одной из проблем прогнозирования является вопрос оценки качества прогнозной модели.

Важной проблемой построения прогнозных моделей является ограниченность количества данных предыстории (длина предыстории должна как минимум втрое превышать интервал прогноза), что затрудняет применение таких моделей в условиях частой смены тенденций изменения системы.

Пример 1. Пусть фирма производит продажу компьютеров. Учет происходит каждую неделю. Таким образом, имеются две наблюдаемые величины: x – номер недели, y – число проданных компьютеров. Статистика небольшая, например, 11 недель. Смоделировать динамику продаж, которая имеет место, чтобы заглянуть в будущее и спрогнозировать ожидаемый объем продаж в ближайшие две недели. В качестве примера возьмем данные, занесенные в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
кол-во ПК	15	21	26	33	40	45	51	58	63	69	78

Для прогнозирования значений $y(x)$ будем использовать функции Excel. Построим по данным точечный график, показывающий характер зависимости y от x . Он представлен на рисунке 7.1.

Из рисунка видно, что точки ложатся на прямую линию, т.е. в качестве модели возьмем самую простейшую – линейную:

$$y = a * x + b \quad (1)$$

Построение линии тренда. Excel предоставляет пользователю соответствующие функции для построения линий тренда. Установим курсор мыши на любую точку графика и нажмем на правую кнопку мыши. В открывшемся контекстном меню выберем **Добавить линию тренда**, а в открывшемся диалоговом окне - тип аппроксимации **Линейная**. Затем пометить галочками: **Показывать уравнение на диаграмме** и **Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)**. После нажатия на кнопку **Закреть** на диаграмме появится линия тренда, коэффициент детерминации и соответствующее ей уравнение линейной регрессии (рис. 7.1). Для сравнения на рисунок добавим еще одну линию тренда, а в открывшемся диалоговом окне - тип аппроксимации **Степенная**. **Коэффициент достоверности аппроксимации R^2** показывает степень соответствия трендовой модели исходным данным. Его значение может лежать в диапазоне от 0 до 1. Чем ближе R^2 к 1, тем точнее модель описывает имеющиеся данные. Из сравнения коэффициентов аппроксимации R^2 делаем вывод, что **Линейная** линия тренда точнее описывает имеющиеся данные, чем **Степенная**.

Метод научного исследования — *экстраполяция* — позволяет распространить результаты, полученные из наблюдений над одной частью явления, на другую его часть.

Спрогнозируем ожидаемый объем продаж в ближайшие две недели, то есть для 12 и 13 недели. Для прогнозирования значений $y(x)$ для новых значений $x = 12$, $x=13$ определим значения коэффициентов a и b с помощью функций НАКЛОН (a) и ОТРЕЗОК (b).

НАКЛОН (изв_знач_y; изв_знач_x). Возвращает наклон линии линейной регрессии для точек данных в аргументах известные_значения_y и известные_значения_x (коэффициент a в (1)).

ОТРЕЗОК (изв_знач_y; изв_знач_x;). Вычисляет точку пересечения линии с осью y , используя значения аргументов "известные_значения_x" и "известные_значения_y" (коэффициент b в (1)).

Подставив значения a и b в формулу (1) $=B4*M1+B5$ определим значение $y(x)$ в точке $x=12$. Аналогично получим значение $y(x)$ для $x=13$.

Спрогнозировать данные для новых значений x ($x=12$, $x=13$) можно другим способом, используя функцию ПРЕДСКАЗ (рис. 7.1).

ПРЕДСКАЗ (x ; изв_знач_y; изв_знач_x). Вычисляет или предсказывает будущее значение по существующим значениям. Предсказываемое значение — это значение y , соответствующее заданному значению x . Значения x и y известны; новое значение предсказывается с использованием линейной регрессии. Эту функцию можно использовать для прогнозирования будущих продаж, потребностей в оборудовании, тенденций потребления и т.п.

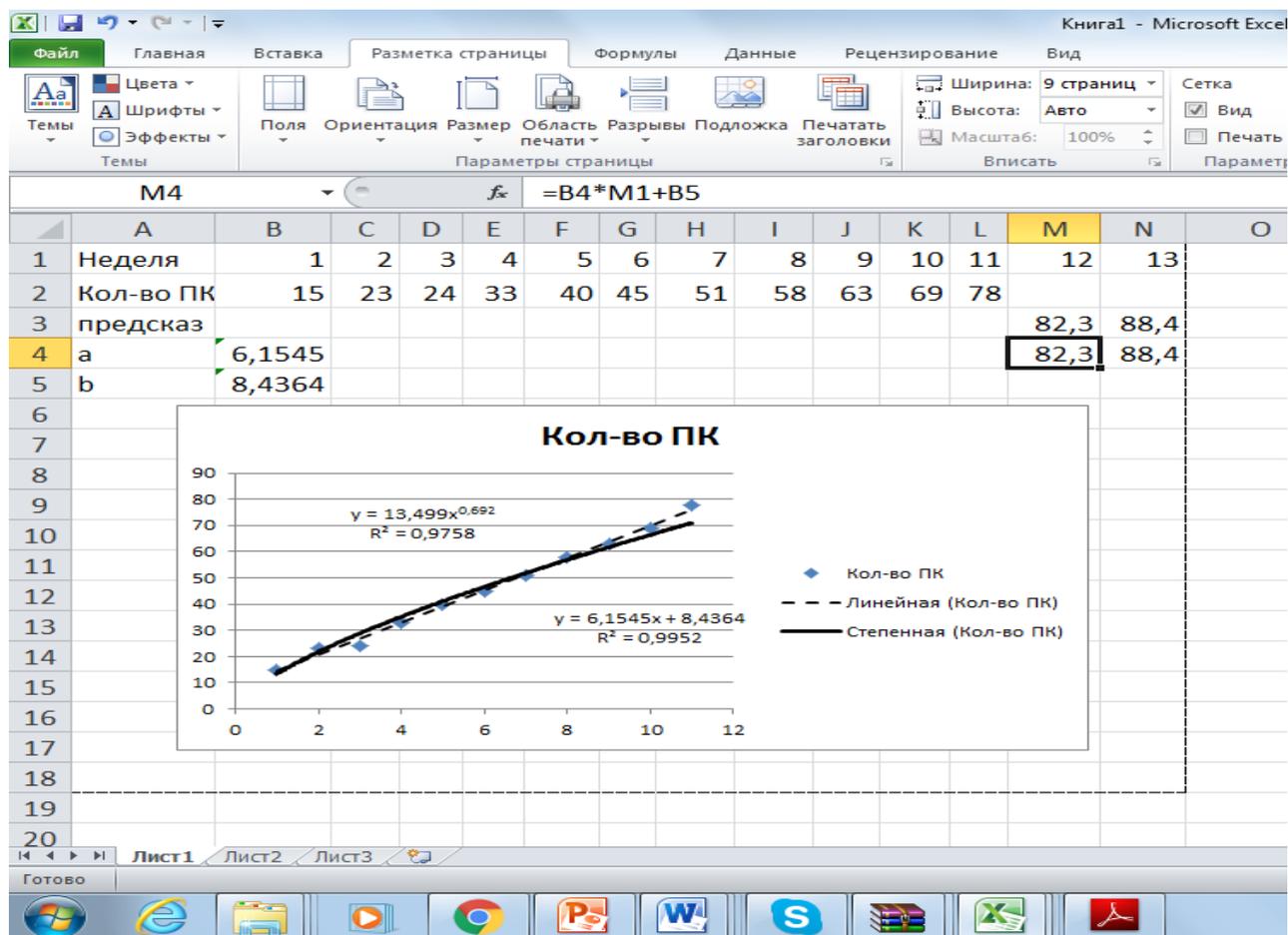


Рисунок 7.1 - График отображения экспериментальных данных и линий тренда

Пример 2

Постановка задачи

Возьмем задачу прогнозного типа. Предположим, нас интересует вероятность реализации определенного политического события, и единственным вопросом в анкете будет: «Оцените вероятность наступления события N в период M, используя оценки в интервале от 0 до 1, где 0 — полная уверенность в том, что событие не произойдет, 1 — полная уверенность в том, что событие произойдет». Разумеется, в реальном исследовании вопросов и пояснений к ним было бы больше, однако в учебных целях ограничимся самым простым видом анкеты.

Способ решения

Скажем, в опросе принимают участие девять экспертов. Соответственно, по итогам первого тура мы получим девять оценок вероятности реализации события N . Таким образом, мы имеем неупорядоченный числовой ряд из девяти элементов: (1; 0,2; 0,1; 0,1; 0,6; 0,8; 0,3; 0,5; 0,8).

В методе Дельфи основу статистической обработки оценок составляет вычисление средней и вариации на порядковом уровне измерения, т. е. речь идет о вычислении медианы — середины ранжированного числового ряда — и квартилей — четвертей ранжированного числового ряда. Ранжированный по возрастанию ряд в нашем случае будет иметь вид: (0,1; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,6; 0,8; 0,8; 1).

Медиана равна 0,5, значение нижнего квартиля составляет 0,2; верхнего - 0,8 ($M = 0,5$; $Q_1 = 0,2$; $Q_3 = 0,8$).

Применительно к методу Дельфи медиана показывает общее групповое мнение, а интервал между верхним и нижним квартилями (или квартильный ранг) — разброс мнений экспертов, или степень консолидированности. Общая оценка группы составляет 0,5 (равновероятно), интервал между верхним и нижним квартилями равен $0,8 - 0,2 = 0,6$, т. е. является очень большим. Исходя из такого значения квартильного ранга, можно констатировать, что мнение группы фактически не сформировалось, оценки очень сильно разбросаны.

Уровень неопределенности равен нулю в двух случаях: если вероятность события равна 0 и 1. Иными словами, неопределенность отсутствует, когда мы полностью уверены либо в том, что событие реализуется, либо в том, что оно не реализуется. Соответственно, максимального уровня неопределенность достигает в ситуации равновероятности — 0,5. По мере удаления от крайних значений (0 и 1) и приближения к значению 0,5 неопределенность возрастает.

Таким образом, по итогам первого тура экспертизы мы имеем не только большой разброс оценок, но и ситуацию максимальной неопределенности относительно наступления данного события в указанные сроки. Решение, которое принимается руководителями экспертизы, в данном случае однозначно: экспертиза должна быть продолжена.

Во втором туре экспертов знакомят с обобщенными результатами первого тура (разброс оценок, иногда средняя) и просят ответить на тот же самый вопрос о вероятности наступления события. Однако здесь возникает существенное дополнение: оценка должна быть дополнена определенным набором аргументов. Технически здесь имеется два варианта:

1. Аргументировать выставленную оценку просят всех экспертов.
2. Аргументацию просят только у тех экспертов, чьи оценки выходят за интервал между квартилями, т. е. являются крайними. В нашем случае это два эксперта, поставившие оценки 0 и 1, и один эксперт, поставивший оценку 1.

Второй вариант оптимален в случае, если к экспертизе привлекается сравнительно большое число экспертов и оценки существенной их части оказываются вне интервала между квартилями. Тогда мы получим полноценный набор аргументов, с одной стороны, в пользу высокой, с другой — в пользу низкой вероятности реализации события. Получать аргументы тех экспертов, чьи оценки оказались внутри интервала, в такой ситуации большого смысла нет: их аргументация, скорее всего, будет комбинацией аргументов «крайних» экспертов.

Однако в нашем случае, когда число привлеченных экспертов невелико и оценки всего трех из них находятся за пределами квартильного ранга, целесообразно собрать аргументы всех экспертов. Аргументы формулируются экспертами в том же режиме, что и весь процесс экспертизы: заочно, анонимно и индивидуально. Собирает, обобщает и систематизирует аргументы группа организаторов процедуры Дельфи. Основное содержание этой работы: объединение сходных аргументов,

удаление повторяющихся, разбиение всех аргументов на две группы: в пользу повышения или понижения вероятности наступления события N.

В результате второго тура имеем:

- новые оценки экспертов. Они могут совпадать с оценками первого тура, а могут и не совпадать. Как правило, от первого тура ко второму оценки меняются незначительно, поскольку эксперты еще не успели ознакомиться с аргументацией своих коллег. Пусть в нашем случае получились следующие оценки: (0,1; 0,2; 0,2; 0,3; 0,6; 0,7; 0,8; 0,8; 0,9). Тогда статистика второго тура: $M = 0,6$; $O_1 = 0,2$; $O_3 = 0,8$; квартальный ранг = 0,6;

- два систематизированных перечня аргументов: в пользу повышения и понижения оценки вероятности наступления события. Авторство аргументов не указывается.

Все полученные результаты доводятся до участников экспертизы (характерное проявление управляемой обратной связи), и начинается третий тур Дельфи. В третьем туре, как и во втором, от экспертов требуется вновь оценить вероятность события и дать перечень аргументов. В пояснительной записке к анкете, как правило, указывается, что от экспертов ждут либо новых аргументов, либо усиления, дополнения или конкретизации аргументов, использованных во втором туре.

Обычно именно третий тур экспертизы по методу Дельфи является переломным: получив значительный объем информации от своих коллег по итогам второго тура, эксперты имеют больше оснований скорректировать собственные оценки. Общий «сдвиг» в результатах экспертизы должен быть значительно более существенным по сравнению со вторым туром.

Предположим, оценки третьего тура таковы: (0,1; 0,3; 0,5; 0,5; 0,7; 0,7; 0,8; 0,9; 0,9).

Статистика третьего тура соответственно: $M = 0,7$; $O_1 = 0,5$; $O_3 = 0,8$; квартальный ранг = 0,3.

Анализируя эту статистику, мы видим две принципиальные тенденции:

- общее мнение группы сдвигается от равновероятной оценке в сторону повышения вероятности реализации события (0,7). При этом в оценке реализации события сокращается уровень неопределенности;

- мнение группы становится более консолидированным. Интервал между квантилями по сравнению со вторым туром существенно сокращается (0,6 и 0,3).

Итерации (новые туры) проводятся в Дельфи по тому же принципу, что второй и первый тур. Решение об окончании экспертизы принимается тогда, когда смещения в оценках перестают быть существенными. Так, если в четвертом туре мы имеем оценки: (0,1; 0,5; 0,6; 0,6; 0,7; 0,7; 0,8; 0,8; 0,8) и статистику: $M = 0,7$; $O_1 = 0,6$; $O_2 = 0,8$; квартильный ранг = 0,2, — можно констатировать, что групповое мнение сформировалось. Смещение оценок по сравнению с третьим туром незначительно, общее групповое мнение не изменилось, интервал между квантилями незначителен. Таким образом, эксперты в целом согласились, что вероятность наступления события N в указанные сроки составляет 0,7; его реализация «скорее вероятна».

Динамику развития экспертизы в методе Дельфи полезно представить визуально. В таблице 7.2 хорошо видны «траектории» оценок экспертов, формирование более консолидированного мнения и общий сдвиг в сторону медианы 0,7. Хорошо видна также «изолированная позиция»: один из экспертов ни разу не изменил свою оценку (0,1), несмотря на ее сильное расхождение с общегрупповым мнением.

Таблица 7.2 – Информация о проведенных турах

Эксперты	Тур1	Тур 2	Тур3	Тур 4
1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	0,1	0,2	0,3	0,5
3	0,2	0,2	0,5	0,6
4	0,3	0,3	0,5	0,6
5	0,5	0,6	0,7	0,7
6	0,6	0,7	0,7	0,7
7	0,8	0,8	0,8	0,8
8	0,8	0,8	0,9	0,8
9	1	0,9	0,9	0,8

Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
0,1	0,1	0,1	0,1
0,2	0,1	0,1	0,1
0,3	0,3	0,2	0,1
0,4	0,3	0,2	0,2
0,5	0,5	0,5	0,5
0,6	0,7	0,8	0,9
0,7	0,8	0,8	0,9
0,8	0,8	0,9	1
1	1	1	1

Возможны ситуации, когда сближение оценок либо не происходит, либо происходит на крайних полюсах. Такой случай можно увидеть в таблице 7.3.

Таблица 7.3

Тип	Тип 2	Тип 3	Тип 4	
01	0,3	0,3	0,2	0,1
М	0,5	0,5	0,5	0,5
03	0,7	0,8	0,8	0,9

В данном случае результат экспертизы — медиана четвертого тура 0,5 — если что-то и отражает, то только максимальный уровень неопределенности. Оценки экспертов четко консолидированы на полюсах очень высокой и очень низкой вероятности реализации события. Полученная итоговая статистика для нас практически бесполезна, однако нельзя сказать, что проделанная работа была полностью напрасной. В ходе процедуры Дельфи мы сумели по крайней мере четко определить полярные позиции и

сопутствующие им аргументы, что понадобится в процессе дальнейшего анализа ситуации.

Задание для самостоятельного решения

Определить сроки разработки информационной системы от выдачи технического задания на работу до начала эксплуатации программы.

Способ решения

Для решения задачи воспользуемся методом Дельфи. Проведём голосование между экспертами, при этом попросим их ответить на следующие вопросы:

- Самооценка;
- Оценка сроков разработки;
- Комментарий.

Обработывая данные, вычислим следующие значения:

- Среднегрупповая самооценка;
- Среднее значение;
- Средневзвешенная оценка.

При этом необходимо проводить переголосование пока доверительный интервал не будет меньше 2 (таблица 7.4).

Таблица 7.4 - Результаты голосования

Эксперт	Самооценка	Оценка сроков разработки	Комментарий
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Лабораторная работа № 8 «Этапы системного анализа»

Цель работы: Закрепить теоретические знания по основным понятиям теории систем и системного анализа, таким как, системный подход, системный анализ, системная последовательность принятия решения, задачи декомпозиции, анализа и синтеза систем.

Перечень материалов для выполнения работы: Лекционный материал. Рекомендуемая литература, указанная в программе курса. Материалы и примеры по рассматриваемым системам (приводятся ниже в данной лабораторной работе).

Задания к лабораторной работе

Выберите хорошо известный Вам объект и проведите его системный анализ (например, это может быть измерительный или бытовой прибор, транспортное средство, социальный объект, например, магазин, школа, аптека и пр.). Решение и методические рекомендации к решению задачи представлены в примере 1.

При анализе определите применительно к выбранной системе следующее:

- 1) систему в целом, полную систему и подсистемы;
- 2) окружающую среду;
- 3) цели и назначение системы и подсистемы;
- 4) входы, ресурсы и (или) затраты;
- 5) выходы, результаты и (или) прибыль;
- 6) программы, подпрограммы и работы;
- 7) исполнителей, лиц, принимающих решения (ЛПР) и руководителей;
- 8) варианты системы, при использовании которых могут быть достигнуты поставленные цели;
- 9) критерии (меры эффективности), по которым можно оценить достижение целей;

10) модели принятия решения, с помощью которых можно оценить процесс преобразования входов в выходы или осуществить выбор вариантов;

11) тип системы;

12) обладает ли анализируемая система свойствами иерархической упорядоченности, централизации, инерционности, адаптивности, в чем они состоят;

13) предположим, что фирма хочет повысить качество выпускаемой системы. Какие другие системы, кроме анализируемой, необходимо при этом учитывать. Объясните, почему на решение этой проблемы влияет то, как устанавливаются границы системы и окружающей среды.

Пример 1.

Объект анализа - компьютер. Задача - обеспечение нормального функционирования компьютера.

Методические указания к решению задач

Цель задачи состоит в освоении понятийного аппарата и схемы системного анализа. Строго говоря, схему системного анализа целесообразно применять к открытым системам (транспортным, экономическим, технологическим, социальным и т.п.), ее применение к техническим системам носит скорее иллюстративный характер. Однако в дидактических целях рекомендуется выбрать для анализа именно техническую систему из следующего ряда (измерительный прибор, телевизор, магнитофон, холодильник, стиральную машину, транспортное средство, компьютер и т.п.).

Ответы на позиции схемы анализа должны быть краткими и конкретными.

Наибольшую сложность представляет определение системы в целом и функциональных подсистем. Состав системы в целом зависит от задачи, для решения которой проводится анализ. Чтобы объектом анализа являлся выбранный объект нужно корректно сформулировать задачу, например, обеспечение нормального функционирования данного объекта. Если задачу

сформулировать по-другому, например, проектирование или диагностирование, то объектом анализа будет уже другая система (система проектирования, система диагностирования и т.п.).

Для рассматриваемой задачи применительно к технической системе типовой набор внешних систем, составляющих систему в целом, включает: систему исполнителя (оператор, пользователь), систему объектов, связанных с назначением данной системы (система заказчика). Например, для автомобиля это - система грузов, для компьютера - система задач и т.п., систему питания, систему обеспечения и обслуживания и т.п.

При определении функциональных подсистем следует учитывать назначение системы и ее преобразовательные возможности, а также входные элементы системы.

По преобразовательным возможностям целесообразно различать три типа систем:

- а) системы, в которых отсутствует преобразование входного элемента;
- б) системы, в которых изменяются отдельные характеристики входного элемента (точность, форма, размеры, физические, технико-экономические параметры);
- в) системы, в которых изменяется назначение входного элемента.

К первому типу относятся распределительные системы, причем распределение может быть пространственным, временным и (или) на элементах некоторого множества. Например, транспортные системы (распределяют в пространстве), системы распределения энергетических и водных ресурсов, системы социального обеспечения и т.п. Ко второму типу относится большинство технических систем (измерительные и вычислительные системы, бытовые приборы и т.п.). К третьему типу относятся так называемые большие системы (промышленные, технологические, экономические (на входе – сырье и комплектующие, на выходе – продукт, имеющий новое назначение)).

Состав функциональных подсистем зависит также от вида входного элемента. Например, для систем, связанных с обработкой информации (измерительных, вычислительных), состав подсистем практически однотипен: система ввода информации, система преобразования информации, система управления, система вывода, резервная система, система обеспечения условий и т.п. Для технических систем, связанных с материальными объектами, состав подсистем несколько иной, например, система загрузки, приводная система, система управления, исполнительная система, вспомогательная система обеспечения и т.п.

Решение

1. Система в целом, полная система и подсистемы (рис.8.1).

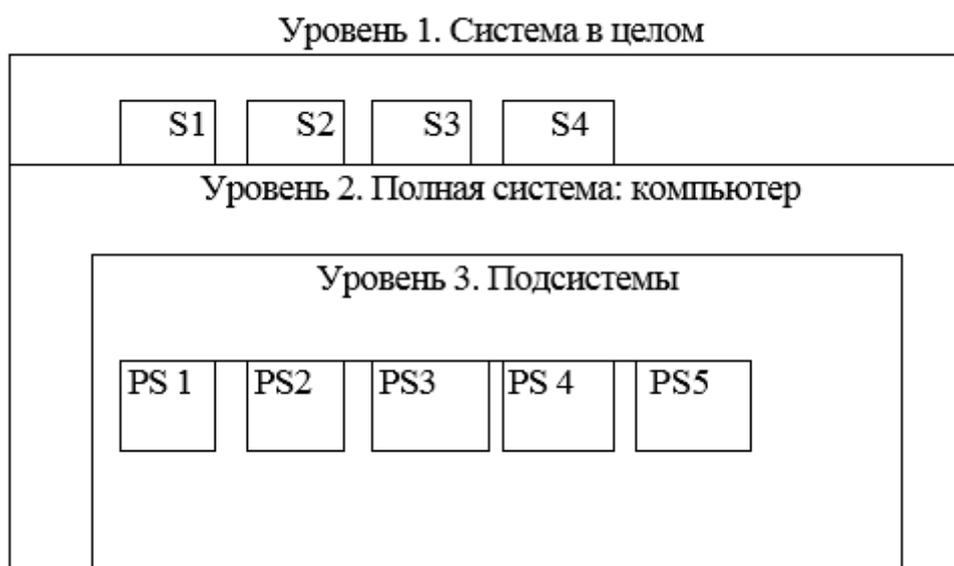


Рисунок 8.1 – Система в целом

2. S1 - система исполнителя (оператор, пользователь);
 S2 - система решаемых задач (исходная информация, источники входного воздействия);
 S3 - система питания (электрическая сеть);
 S4 - система обеспечения и обслуживания (системное программное обеспечение, информационные сети, службы наладки и ремонта).

Полная система - компьютер, как совокупность функциональных подсистем. При определении подсистем следует учитывать назначение компьютера - хранение и обработка информации.

Рассуждать можно так: исходную информацию нужно ввести в компьютер, значит должна быть PS1 - система ввода информации; далее информацию нужно обработать, значит должна быть PS2 - система обработки информации, например, осуществляющая выполнение арифметических и логических операций; обработкой нужно управлять, значит должна быть PS3 - система управления; информацию нужно хранить и многократно использовать, т.е. должна быть PS4 - память; наконец, конечную информацию нужно представить в удобной форме, т.е. должна быть PS5 - система вывода.

3. *Окружающая среда* включает наряду с перечисленными выше внешними системами S_i : S_4 также S_5 - природная среда, S_e - система обучения, S_j - экономическая система (фирмы-разработчики, торгующие фирмы), S_s - технологическая система и т.п.

4. *Цели и назначение системы и подсистем.* Назначение компьютера - хранение и обработка информации. Назначение подсистем вытекает из их названий. Цель задается набором условий и ограничений (отметим, что компьютер, как и другие технические системы, является многоцелевой системой) из следующего ряда:

- тип решаемой задачи (например, редактирование текста на русском языке);
- вид текста (например, научная статья);
- объем текста (например, до 10 стр.);
- сложность текста (наличие рисунков, таблиц, формул);
- время редактирования (например, не более 1 часа);
- окончательная форма представления текста (например, тип шрифта, размер шрифта, параметры страницы, абзацные отступы) и т.п.

5. Входы, ресурсы и затраты. Входом является исходная информация о решаемой задаче. К ресурсам относятся: электроэнергия, информация, а также деньги, время и усилия на решение задачи. Затраты - это количественная оценка расхода ресурсов, например, количество информации - 1 Гбайт, суточный расход электроэнергии - 0,5 КВт*час, расход денег (обслуживание, аппаратное и программное обеспечение, заработная плата) - 300 у.е.; расход усилий - 2000 Ккал; расход времени - 1 час.

6. Выходы, результаты и прибыль. Выходом является результат решения задачи (информация о решении), например, отредактированный текст, схема, результат вычисления и т.п. К результатам относятся: информация о решении, представленная в удобной форме, а также экономия времени, денег и усилий за счет решения задачи на компьютере. Прибыль - это количественная оценка экономии, например, экономия денег - 300 у.е., времени - 2 час, усилий - 3000 Ккал. Результаты и прибыль оцениваются по отношению к системе более высокого уровня (система управления, финансовые службы, научные исследования, проектные работы и т.п.), например, в виде снижения трудозатрат, повышения эффективности управления, сокращения времени на обработку информации и т.п.

Программы, подпрограммы и работы. Возможны следующие виды работ:

- создание и редактирование документов;
- работа в графическом режиме (проектирование);
- решение вычислительных задач;
- хранение и обработка управленческой информации;
- компьютерные игры и т.п.

7. Исполнители, ЛПР (лицо, принимающее решение) и руководители. Исполнитель - оператор; ЛПР - квалифицированный пользователь, постановщик задачи; руководитель – начальник подразделения, для решения задач в котором используется компьютер.

8. Варианты системы для достижения поставленной цели определяются целью, сформулированной в пункте 3 схемы. В данном случае это конфигурации компьютеров, пригодные для достижения цели, например, типа АТ, ХТ, Pentium различных модификаций.

9. Критерии, или меры эффективности. Для компьютера к функциональным критериям относятся: быстродействие, объем памяти, универсальность, устойчивость и т.п.; к технико-экономическим - экономичность, надежность, расходы на эксплуатацию; к эргономическим - безопасность, простота обслуживания, удобство, дизайн и т.п.

10. Модели принятия решения.

Различают модели двух типов:

- 1) Модели преобразования, связывающие вход и выход системы.
- 2) Модели выбора, позволяющие выбрать наилучший вариант системы для достижения цели, из некоторого исходного множества вариантов.

Модели 1-го типа используются в следующих формах:

$y=f(x)$, где x - вход, y - выход;

$y = Ax$, где A - матрица;

$y = R*x$, где R - отношение (оператор).

Если связь между входом и выходом не определяется в явном виде, то используются модели выбора. В таких моделях стремятся сократить число критериев либо число альтернатив. Например, критерии, характеризующие точность, быстродействие, объем памяти и т.п.

Для компьютера следует использовать модели второго типа.

11. Тип системы: техническая, искусственная, хорошо организованная, детерминированная, реальная, многомерная, гетерогенная.

12. Свойства системы. Система является иерархически упорядоченной, децентрализованной (распределенной), адаптивной, инерционной.

13. Принятие решения. При принятии решения о повышении качества анализируемой системы (компьютера) фирме необходимо учитывать

следующие внешние системы: потребителей, от которых зависят требования к качеству продукции; поставщиков, от которых зависит качество сырья и комплектующих; технологическую систему, которая влияет на возможность улучшения вычислительных возможностей и элементной базы; экономическую систему, от которой зависят финансовые условия деятельности фирмы и выбор стратегии (конкуренция, прибыль, ценообразование, налоги и т.п.). Учитывать или не учитывать ту или иную из перечисленных систем, зависит от того, какие ограничения она накладывает на принимаемое решение, а также от ресурсных возможностей фирмы (финансовых, временных, информационных).

Форма отчета по работе: Предоставление оформленных решений на проверку преподавателю и защита полученных выводов.

Контрольные вопросы к работе:

1. Объясните роль системного подхода.
2. Назовите авторов методик системного анализа.
3. Перечислите обобщенные этапы системного анализа предприятия.
4. Жизненный цикл системы.
5. Анализ и синтез системы.
6. Декомпозиция системы.

Теоретические материалы:

Главной целью системного анализа можно считать оказание помощи в понимании и решении имеющейся проблемы путем *перевода проблемы*, которая возникает при проектировании или управлении, *в задачу принятия решения* (задачу выбора), т. е. *ведет, к постановке такой задачи* («поставленная задача — наполовину решенная задача»). *Поставить задачу означает, прежде всего, понять ее условия*, что достигается путем выбора соответствующего представления (описания), т. е. модели. При этом стремятся к наибольшей формализации представления, что уменьшает неполноту, избыточность и неоднозначность в понимании объекта.

В таких случаях возникает необходимость:

- определить область *проблемы принятия решения* (границы системы);
- выявить факторы, влияющие на ее решение (входы системы и внутренние факторы, влияющие на целевой выход);
- подобрать приемы и методы, которые позволяют сформулировать или поставить задачу таким образом, чтобы решение было принято.

Системный анализ открывает возможности для стандартизации методов решения определенных проблем. Поэтому под системным анализом понимается совокупность правил или нормативная методология решения сложных проблем, основанная на системном подходе.

Системный подход представляет собой совокупность методологических положений, предполагающих рассмотрение объекта исследования как целого (системы), а каждый элемент его в связи и взаимодействии с другими элементами.

В качестве методов, позволяющих проводить исследования систем для дальнейшего построения их моделей первостепенное значение имеют анализ и синтез.

Анализ есть совокупность операций разделения целого на части.

Синтез - объединение частей в целое.

Исследовать сложную систему можно только используя два указанных метода в совокупности.

Аналитический метод состоит в расчленении сложного целого на все менее сложные части.

Результатом анализа является лишь вскрытие структуры; знание о том, как система работает, почему она это делает так, дает синтез.

Анализ и синтез дополняют, но не заменяют друг друга. Проведение системного анализа требует совмещения обоих методов. Основной операцией анализа является представление целого в виде частей.

При решении задач системных исследований объектами анализа являются системы и цели, для достижения которых они проводятся. В

результате анализа решаемые системой задачи разбиваются на подзадачи, системы на подсистемы, цели на подцели. Операция разложения целого на части называется *декомпозицией*.

Разделяя сложную систему на подсистемы аналогично целевую функцию объекта нужно представить в виде последовательности подцелей, задач, функций, операций, выполнение которых ведет к достижению глобальной цели системного исследования.

Далее желательно каждой подсистеме поставить в соответствие некоторую подцель (задачу, функцию операцию) и наоборот. В этом и заключается смысл декомпозиции.

Методика системного анализа разрабатывается для того, чтобы организовать процесс принятия решений в сложных проблемных ситуациях.

В этих случаях объект представляют в виде системы, определяют последовательность этапов организации процесса коллективного принятия решений и методы для выполнения этих этапов.

Последовательность определенным образом выделенных и упорядоченных этапов и подэтапов с рекомендованными методами и приемами их выполнения представляет собой структуру методики системного анализа.

Методология системного подхода включает четыре этапа:

- изучение целей и функций объекта, его взаимодействие с окружающей средой (другими объектами) – изучение объекта как целого;
- расчленение объекта на элементы (подсистемы); определение роли, места и функций элементов (подсистем), исходя из целей и функций целого, определение основных отношений и связей между элементами (подсистемами);
- изучение свойств элементов, отношений между ними и законов, управляющих поведением элементов;
- синтез свойств и поведения объекта из свойств и поведения его частей, позволяющий определить законы, управляющие поведением

объекта, обеспечивающие выполнение им своих функций и достижение целей.

Имеется множество различных методик и вариантов системной последовательности принятия решений.

Примерная схема проведения системного анализа проблемы (системы) приведена на рисунке 8.2. Этапы проведения процедур декомпозиции, анализа и синтеза и возможные методы их реализации показаны в таблице 8.1.



Рисунок 8.1 - Примерная схема проведения системного анализа проблемы (системы)

Таблица 8.1 – Этапы проведения процедур декомпозиции, анализа и синтеза и возможные методы их реализации

Этапы системного анализа	Методы реализации
Декомпозиция системы	
Определение проблемы и	Метод мозговой атаки

проблематики системы	SWOT-анализ Метод Дельфи
Выявление целей функционирования системы	Метод мозговой атаки SWOT-анализ Методы экспертных оценок Метод Дельфи
Описание тенденций развития и имеющихся неопределенностей	SWOT-анализ Метод сценариев Метод Дельфи
Построение модели системы в виде «черного ящика»	Аналитические методы Графические методы
Функциональная декомпозиция – разбиение системы на функциональные блоки (подсистемы)	Метод дерева целей Аналитические методы Графические методы
Компонентная декомпозиция – разбиение системы на составные части (элементы)	Метод дерева целей Аналитические методы Графические методы
Анализ системы	
Анализ истории поведения системы	Методы экспертных оценок Метод Дельфи Эвристический метод
Анализ аналогов системы	Методы экспертных оценок Метод Дельфи Эвристический метод
Формирование критериев, требований к системе	Метод мозговой атаки Метод сценариев Методы экспертных оценок Метод Дельфи Метод дерева целей
Генерирование альтернатив решения проблемы	Метод мозговой атаки Метод сценариев Метод Дельфи Метод дерева целей Метод морфологического ящика

Синтез системы	
Построение модели системы	Метод морфологического ящика Аналитические методы Статистические методы Графические методы
Оптимизация модели системы	Аналитические методы Статистические методы Графические методы
Выбор (принятие решения) о синтезе системы	Методы экспертных оценок Аналитические методы Статистические методы Графические методы
Исследование информационных процессов и ресурсных возможностей синтеза системы	Аналитические методы Статистические методы Графические методы
Оценка синтеза системы	Методы экспертных оценок Аналитические методы Статистические методы Графические методы
Реализация и внедрение системы	Аналитические методы Статистические методы Графические методы

Перечень дискуссионных тем и презентаций для круглого стола 1

1. Что включает в себя понятие системности? Приведите примеры и обоснование.

2. Что есть системный анализ? Его основные компоненты.

3. В чем различие между функционированием и развитием системы?

4. Может ли какой-нибудь объект или явление быть несистемными?

Обоснуйте свой ответ. Примеры.

5. Назначение системного анализа.

6. Системность - всеобщее свойство материи. История развития системных представлений.

7. Познание и системность.

8. Что такое проблемная ситуация? Как ставится задача системного анализа?

9. Чем принципиально отличается сельскохозяйственная система от других больших систем: сложностью; структурой; непредсказуемостью; неопределенностью.

10. Какое определение системы является наиболее полным?

11. Отличия сложной и большой системы

12. Почему необходимо строить дерево целей?

Перечень дискуссионных тем и презентаций для круглого стола 2

1. В каких случаях задача принятия решения становится проблемой?

2. Имитационное моделирование как метод исследования систем большой сложности.

3. Понятия декомпозиции и агрегирования.

4. Современные тенденции в области системного анализа.

5. Системный анализ как теоретическая основа исследования систем управления.

6. Описание и примеры моделей типа 1) модель «черный ящик»; 2) модель «белый ящик»; 3) модель «серый ящик»; 4) модель «прозрачный ящик».

7. Моделирование принятия решения в управлении экономическими объектами в условиях риска.

8. Черный ящик». Модель, свойства, трудности построения модели. Условия полезности модели «черного ящика». Структурная схема системы «белый ящик».

9. Роль моделирования в системном анализе.

10. Шкалы в системном анализе.

11. Анализ и синтез систем.

12. Обобщенные этапы системного анализа предприятия.

ОЦЕНОЧНЫЙ ЛИСТ
Критерии оценки ПРЕЗЕНТАЦИИ для круглого стола

Группа _____

ФИО Студента _____

ДАТА «__» _____ 201__ г

Наименование	Максимальное кол-во баллов (0-1)	Оценка своей группы	Оценка группы	Оценка группы
Дизайн слайдов. Использование дополнительных эффектов (графики, звука, смена слайдов и т.д.), использование рисунков из интернета	1			
СОДЕРЖАНИЕ				
Широта кругозора	1			
Найден ли ответ на вопрос для группы	1			
Правильность и точность речи во время защиты проекта, логика изложения	1			
ОРГАНИЗАЦИЯ				
Текст хорошо написан и сформулированные идеи ясно изложены и структурированы. Слайды представлены в логической последовательности	1			
Общие баллы	5			
Итоговая оценка				

Список рекомендуемой литературы

1. Васильев, Е.М. Теория систем и системный анализ [Текст] : учеб. пособие для вузов по спец. 080801 "Прикладная информатика (по областям)" и др. экон. спец. : рек. учеб.-метод. об-нием / Е. М. Васильев, О. Я. Кравец. - Воронеж : Научная книга, 2007. - 179 с. ;
2. Антонов, А. В. Системный анализ [Текст] : учеб. для вузов : рек. Учеб.-метод. об-нием / А. В. Антонов. - 3-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2008. - 453 с.
3. Волкова, В. Н. Теория систем и системный анализ [Текст] : учеб. для вузов по направлению подгот. 010502 (351400) "Прикладная экономика" / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. - М. : Юрайт, 2012. - 679 с
4. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении: Учебное пособие / Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 368 с.
5. Попов В.Н. Системный анализ в менеджменте [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. Н. Попов, В. С. Касьянов, И. П. Савченко ; под ред. В. Н. Попова. - М. : КноРус, 2007. - 298 с.
6. Шарыбар С.В. Системный анализ сбалансированного развития социально-эколого-экономического потенциала сельскохозяйственного предприятия [Текст] / С. В. Шарыбар. - Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2011. - 183 с. ; 21 см. - Библиогр.: с. 167-182.
7. Ширяев, Владимир Иванович. Управление предприятием. Моделирование, анализ, управление [Текст] : учеб. пособие для вузов : рек. Учеб.-метод. об-нием / В. И. Ширяев, И. А. Баев, Е. В. Ширяев. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Либроком, 2010. - 271 с.

Надежда Николаевна Антонова
Надежда Владимировна Бендик

Теория систем и системный анализ
Учебно-методическое пособие

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.
Подписано в печать 28.03.2016 г.
Тираж 10 экз.

Издательство Иркутского государственного аграрного
университета им. А.А. Ежевского
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н,
пос. Молодежный