

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Краткий курс

Учебно-практическое пособие



Владимир 2021

УДК 004
ББК 32.97
Т33

Авторы: В. Е. Крылов, О. Б. Дигилина, Н. В. Абдуллаев,
В. А. Еронин

Рецензенты:

Кандидат экономических наук, доцент
зав. кафедрой экономики и финансов Финансового университета
при Правительстве Российской Федерации (Владимирский филиал)
Д. В. Кузнецов

Генеральный директор ООО «Индустриябетон»
Д. А. Кравченко

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ. Краткий
Т33 курс : учеб.-практ. пособие / В. Е. Крылов [и др.] ; Владим. гос.
ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ,
2021. – 192 с.
ISBN 978-5-9984-1451-0

Издание представляет собой краткий курс дисциплины, то есть очень сжатый, сокращенный материал. В пособии рассмотрены только основные вопросы дисциплины, а именно вопросы, изучение которых для студента самостоятельно достаточно затруднительно.

Предназначено для проведения занятий по дисциплине «Теория систем и системный анализ» для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 38.04.01 – Экономика, 38.04.02 – Менеджмент, 38.04.03 – Управление персоналом, 38.04.04 – Государственное муниципальное управление, 38.04.05 – Бизнес-информатика, 38.04.08 – Финансы и кредит всех форм обучения.

Ил. 80. Табл. 1. Библиогр.: 11 назв.

УДК 004
ББК 32.97

ISBN 978-5-9984-1451-0

© Крылов В. Е., Дигилина О. Б.,
Абдуллаев Н. В., Еронин В. А., 2021

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Теория систем и системный анализ» играет важную роль в подготовке магистров по направлениям подготовки 38.04.01 – Экономика, 38.04.02 – Менеджмент, 38.04.03 – Управление персоналом, 38.04.04 – Государственное муниципальное управление, 38.04.05 Бизнес-информатика, 38.04.08 – Финансы и кредит всех форм обучения.

Цель освоения дисциплины «Теория систем и системный анализ» состоит в овладении знаниями о законах, принципах, понятиях, терминологии, содержании, специфических особенностях организации, управлении и принятии решений.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов системного мышления, позволяющего обозревать некоторую проблему или явление в целом, выделять наиболее важные составляющие ее части и их взаимосвязи;
- формирование общих представлений о системах, системном подходе, методологии и технологии системного анализа, возможности их применений при решении вопросов, возникающих в теории и практике;
- изучение основ системного анализа как методологии исследования, моделирования и принятия решений по проблемам системного характера в теории и практике.

Посредством освоения дисциплины студент должен быть подготовлен к решению следующих профессиональных задач.

Организационно-управленческая задача:

- рассмотрение сущности и особенностей управления организацией/структурного подразделения организации;
- развитие управленческих навыков и умений на основе разработки моделей деятельности руководителей организации/структурного подразделения организации;
- формирование теоретических и практических знаний в области управления организаций/структурным подразделением организации;

- формирование практических навыков в создании организационной структуры и проведении штатной работы;
- усвоение знаний о способах, методах, технологиях управления организацией/структурным подразделением организации.

Информационно-аналитическая задача развитие умений анализировать происходящие процессы в управлении организацией/структурным подразделением в организации в современных условиях.

Научно-исследовательская задача:

- формирование системного мышления, позволяющего обозревать некоторую проблему или явление в целом, выделять наиболее важные составляющие ее части и их взаимосвязи;
- формирование у студентов общих представлений о системах, системном подходе, методологии и технологии системного анализа, возможности их применений при решении вопросов, возникающих в теории и практике;
- изучение основ системного анализа как методологии исследования, моделирования и принятия решений по проблемам системного характера в теории и практике.

При изучении дисциплины «Теория систем и системный анализ» предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Важную роль в процессе освоения дисциплины «Теория систем и системный анализ» играют практические занятия. Практическое занятие – это форма учебного занятия, где преподаватель организует детальное рассмотрение студентами отдельных теоретических положений учебной дисциплины и формирует умение и навыки их практического применения путем индивидуального выполнения студентом согласно сформулированным задачам заданий. Практическое занятие предназначается для углубленного изучения дисциплины и овладения методологией применительно к особенностям изучаемой отрасли науки.

Практические занятия проводятся в аудиториях и учебных лабораториях, оснащенных необходимыми техническими средствами обучения.

Организация практических занятий охватывает три основных этапа: подготовка к занятию, проведение занятия и работа со студентами после занятий.

Подготовка к занятиям предусматривает определение их тематики, разработку планов занятий, определение минимума обязательной для изучения литературы, методических рекомендаций. Проведение практических занятий базируется на предварительно подготовленном методическом материале – тесты для выявления степени овладения студентами необходимыми теоретическими положениями; комплекты заданий различной сложности для работы с ними на занятии. Этот материал готовит преподаватель (ассистент), которому поручено проведение практического занятия, по согласованию с лектором учебной дисциплины.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии:

1. Работа в малых группах

В ходе практических занятий студенты разбиваются на группы, каждая из которых получает отдельное задание, как правило, по изучению, анализу и структурированному изложению текста научной статьи или исторического источника по теме занятия, либо проведению игры в форме, приближенной к реально возможной ситуации, связанной с практикой. Задача – изучить и изложить материал, решить поставленную проблему таким образом, чтобы каждый из членов группы принял в этом активное участие, а студенты, входящие в другие группы, получили полную, логичную и достоверную информацию о содержании учебного материала или результатах проведенной игры.

2. Анализ конкретной ситуации. Case-Study

Данная образовательная технология предполагает описание реальной ситуации (например, с использованием показателей деятельности таможенника (таможенного поста)) с целью поиска решения проблемной ситуации; критического анализа принятых решений; оценки ситуации. На практическом занятии обучающимся представляется информация о ситуации и дается задание, которое студенты выполняют индивидуально либо коллективно. Результаты выполнения задания озвучиваются обучающимся либо оформляются в виде презентации. Таким образом, возможно сочетание данной технологии с про-

чими образовательными технологиями, предлагаемыми для изучения данной дисциплины.

3. Решение задач

В ходе практического занятия студенты индивидуально или группами получают задание в виде задачи. Решение задачи должно быть четким, теоретически обоснованным и мотивированным. При выполнении задания нужно обязательно руководствоваться соответствующим разделом данного учебного пособия или учебного издания из списка литературы.

4. Рефераты (доклады)

Данная образовательная технология представляет собой изложение в устном или письменном виде (рефераты) содержания результатов изучения научной проблемы, доклад на определённую тему, включающий обзор соответствующей литературы и исторических источников. Цель – осмысленное систематическое изложение крупной научной проблемы, темы, приобретение навыка «сжатия» информации, выделения в ней главного, а также освоение приемов работы с научной и учебной литературой, приобретение практики правильного оформления текстов научно-информационного характера.

5. Дискуссия

Смысл данного метода состоит в обмене взглядами по конкретной проблеме. Это активный метод, позволяющий научиться отстаивать свое мнение и слушать других. Спор, дискуссия рождает мысль, активизируют мышление, а в учебной дискуссии к тому же обеспечивает сознательное усвоение учебного материала как продукта его мыслительной проработки.

На проведение практических занятий учебным планом предусмотрено 18 часов.

Тематика практических занятий соответствует разделам и темам программы. Основой для подготовки к практическим занятиям служит план практического занятия, содержащий выносимые на обсуждение вопросы и рекомендуемую для подготовки литературу.

При подготовке к практическому занятию студент должен ознакомиться с конспектом лекции на заданную тему и соответствующим разделом базового учебника. Для подготовки развернутых ответов по поставленным вопросам необходимо использовать дополнительную

литературу, в том числе периодические научные издания, целесообразно использовать и электронные ресурсы.

По ряду тем дисциплины в качестве вопросов, рассматриваемых на практических занятиях, могут быть выбраны из программы и такие, которые не получили детального освещения в лекционном курсе. В этом случае студентам необходимо обратить внимание на самостоятельную проработку литературы по данным вопросам, которая приведена к практическому занятию.

Рекомендуется следующий алгоритм подготовки к практическому занятию.

1. Внимательное изучение плана и выносимых на обсуждение вопросов практического занятия, списка рекомендованных источников и литературы, методических рекомендаций преподавателя.

2. Изучение программы дисциплины с целью уяснения требований к объему и содержанию знаний по изучаемой теме.

3. Изучение и доработка конспекта лекций, прочитанных преподавателем по темам практического занятия.

4. Изучение вопросов темы по основному учебнику.

5. Изучение дополнительной литературы, поиск электронных ресурсов, соответствующих вопросам практического занятия.

6. Выполнение письменных заданий к практическому занятию.

Текст пособия разбит на темы. Название темы соответствует рабочей программе дисциплины «Теория систем и систем и системный анализ» (направления подготовки 38.04.01 – Экономика, 38.04.02 – Менеджмент, 38.04.03 – Управление персоналом, 38.04.04 – Государственное муниципальное управление, 38.04.05 – Бизнес-информатика, 38.04.08 – Финансы и кредит).

Каждая тема состоит из трех частей. В первой части перечисляются вопросы, которые должны рассматриваться как на лекционном, так и на практическом занятиях. По желанию преподавателя, часть вопросов остается для самостоятельного изучения. Во второй части кратко, сжато, конспективно рассматриваются наиболее важные и сложные вопросы темы. Некоторые вопросы излагаются в виде опорных рисунков, схем. При необходимости теоретические положения подкреплены достаточным количеством примеров. Еще раз повторимся, что этот раздел не раскрывает всех вопросов темы. Студенту

при подготовке к занятию необходимо работать со списком как основной, так и дополнительной литературы. Третья часть – вопросы и задания. Они служат для самостоятельной проверки знаний, умений и навыков, полученных студентом при изучении темы, содержат вопросы, позволяющие проверить знание основных определений. Также в эту часть включены задания, позволяющие определить степень усвоения материала. В некоторых темах приведены числовые задачи. Этот раздел темы может быть использован при проведении практических занятий, а также для самостоятельной работы студентов.

В материал пособия также включен глоссарий, содержащий определения основных терминов дисциплины, представлены примерная тематика рефератов с требованиями по оформлению, список вопросов, выносимых на зачет.

Тема 1. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ

Вопросы, рассматриваемые при изучении темы

1. Понятие системы. Первое и второе определение системы.
2. Классификация систем.
3. Состав системы.
4. Структура системы.
5. Цели и задачи системы.
6. Основные системные свойства.
7. Функционирование и развитие.
8. Понятие «системный подход».
9. Основные исторические этапы развития системного подхода.
10. Вопросы управления сложными системами в работах А. М. Ампера.
11. Идеи системности в работах Б. Трентовского.
12. Идеи теории систем в трудах Е. С. Федорова.
13. Теория организации (тектология) А. А. Богданова.
14. Деятельность центра системных исследований Л. фон Берта-ланфи.
15. Осознание системности мира в работах Н. Винера.
16. Исследования в области теории систем бельгийской школы (И. Пригожин).
17. Системный, комплексный, функционально-структурный подход: сходства и различия.

Краткое содержание темы

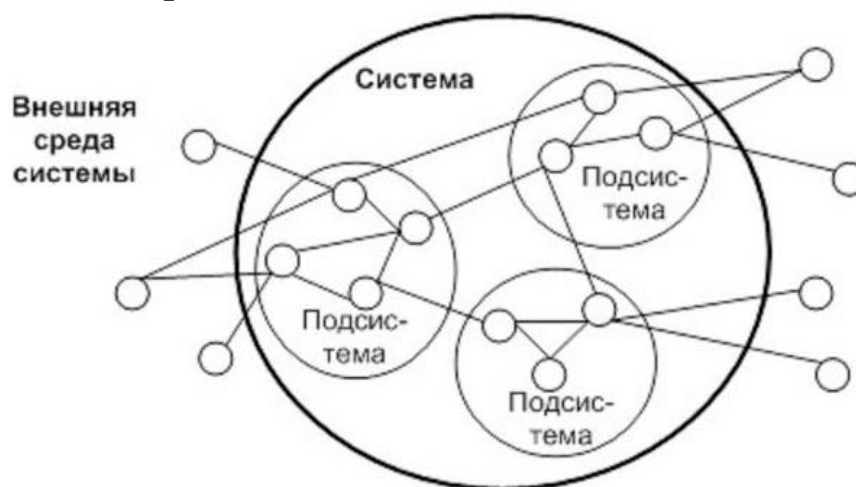


Рис. 1. Система и внешняя среда

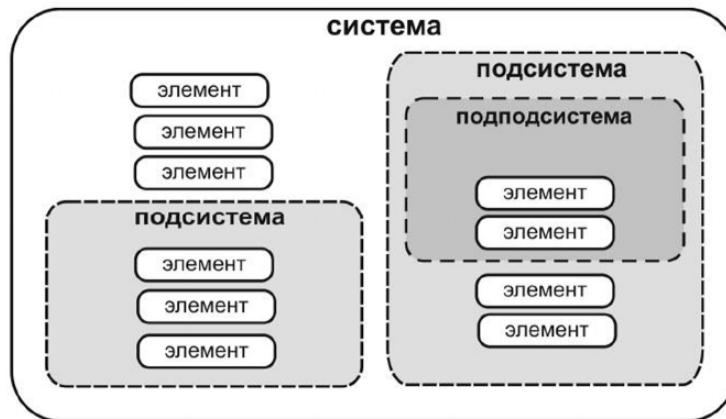


Рис. 2. Состав системы



Рис. 3. Классификация систем

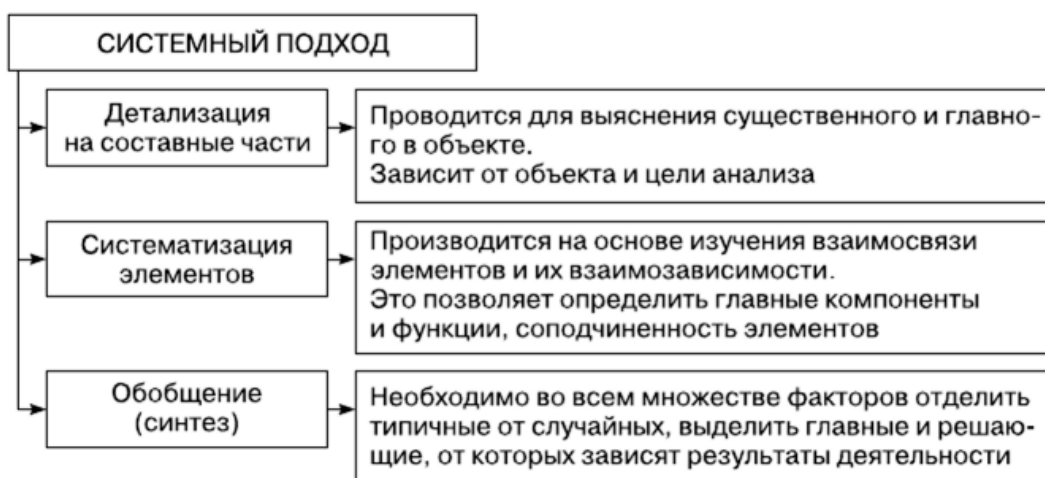


Рис. 4. Системный подход

Термины «система и системный анализ»

Термины «теория систем» и «системный анализ» все еще не нашли общепринятого, стандартного истолкования.

Причина этого факта заключается в динамичности процессов в области человеческой деятельности и в принципиальной возможности использовать системный подход практически в любой решаемой человеком задаче.

Существует много определений системы.

1. Система есть комплекс элементов, находящийся во взаимодействии.

2. Система – это множество объектов вместе с отношениями этих объектов.

3. Система – множество элементов находящихся в отношениях или связях друг с другом, образующая целостность или органическое единство (толковый словарь)

Термины «отношение» и «взаимодействие» используются в самом широком смысле, включая весь набор родственных понятий таких как ограничение, структура, организационная связь, соединение, зависимость и т.д.

В качестве "рабочего" определения понятия системы в литературе по теории систем часто рассматривается следующее: система - множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство.

Строго говоря, различают три ветви науки, изучающей системы:

1. Системотехнику, системотехнологию (практику и технологию проектирования и исследования систем).

2. Системный анализ (методологию, теорию и практику исследования систем), которая исследует методологические, а часто и практические аспекты и использует практические методы (математическая статистика, исследование операций, программирование и др.). Определяющим является представление о целостности исследуемых, проектируемых и синтезируемых объектов. Методологически системный анализ направлен на исследование причин сложности систем и их устранения;

3. Системологию (теорию систем) которая изучает теоретические аспекты и использует теоретические методы (теория информации, теория вероятностей, теория игр и др.). Предметом ее исследова-

ния является классы систем, объединенных не только по традиционным признакам (биологические, технические, социальные и т.д. системы), но и по видам отношений элементов в системе. Под термином "отношение" понимается: структура, информация, ограничение, организация, управление и т.п. Таким образом, для общей теории систем объектом исследования является не "физическая реальность", а "система", т.е. абстрактная формальная взаимосвязь между основными признаками и свойствами.

К числу задач, решаемых теорией систем, относятся:

- определение общей структуры системы;
- организация взаимодействия между подсистемами и элементами;
- учет влияния внешней среды;
- выбор оптимальной структуры системы;
- выбор оптимальных алгоритмов функционирования системы.

Теория систем как наука развивается в двух направлениях.

Первое направление - причинно-следственный подход (иногда называемый терминальным). Это направление связано с описанием любой системы как некоторого преобразования входных воздействий (стимулов) в выходные величины (реакции).

Второе - разработка теории сложных целенаправленных систем. В этом направлении описание системы производится с позиций достижения ее некоторой цели или выполнения некоторой функции.

Исследование объекта как системы предполагает использование ряда систем представлений (категорий) среди которых основными являются:

1. Структурное представление связано с выделением элементов системы и связей между ними.
2. Функциональное представление систем – выделение совокупности функций (целенаправленных действий) системы и её компонентов направленное на достижение определённой цели.
3. Макроскопическое представление – понимание системы как нерасчленимого целого, взаимодействующего с внешней средой.
4. Микроскопическое представление основано на рассмотрении системы как совокупности взаимосвязанных элементов. Оно предполагает раскрытие структуры системы.

5. Иерархическое представление основано на понятии подсистемы, получаемом при разложении (декомпозиции) системы, обладающей системными свойствами, которые следует отличать от её элемента – неделимого на более мелкие части (с точки зрения решаемой задачи). Система может быть представлена в виду совокупностей подсистем различных уровней, составляющую системную иерархию, которая замыкается снизу только элементами.

6. Процессуальное представление предполагает понимание системного объекта как динамического объекта, характеризующегося последовательностью его состояний во времени.

Вопросы и задания

1. Сформулируйте первое и второе определение системы. В чем состоит различие в этих определениях.

2. Приведите пример системы. Покажите, что рассматриваемый Вам объект является системой.

3. Приведите пример объекта, не являющегося системой.

4. Каковы основные подходы определению понятия «система»?

5. Проанализируйте определения понятия «система», данные Р. Акоффом, П. Анохиным, Л. фон Бертаналфи, В. Вернадским, С. Оптнером, У. Эшби и др. Что общего в этих определениях?

6. Рассмотрите рис. 5 – 10.



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

$$\begin{cases} 3x - 2y = 7, \\ 6x - 4y = 1. \end{cases}$$

Рис. 8

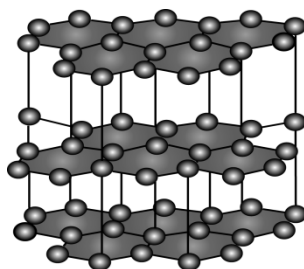


Рис. 9



Рис. 10

Докажите, что представленные на них объекты являются системами. Назовите составные и структурные элементы этих систем. К каким системам их можно отнести?

7. Какие виды структур системы вы знаете? В чем их различие, приведите примеры.

8. На рис. 11 – 14 приведены системы. Какие из них имеют линейную структуру? Древоподобную? Сетевую? Матричную? Аргументируйте свой ответ.

9. Обладают ли системы, изображенные на рис. 5 – 14 системными свойствами? какими именно?

10. Дайте определение функционирования и развития. Приведите примеры. Какие системы, изображенные на рис. 5 – 10 являются функционирующими? Развивающимися? Почему?

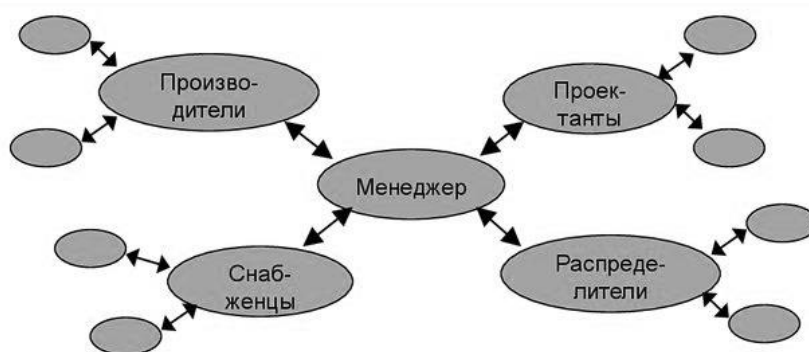


Рис. 11

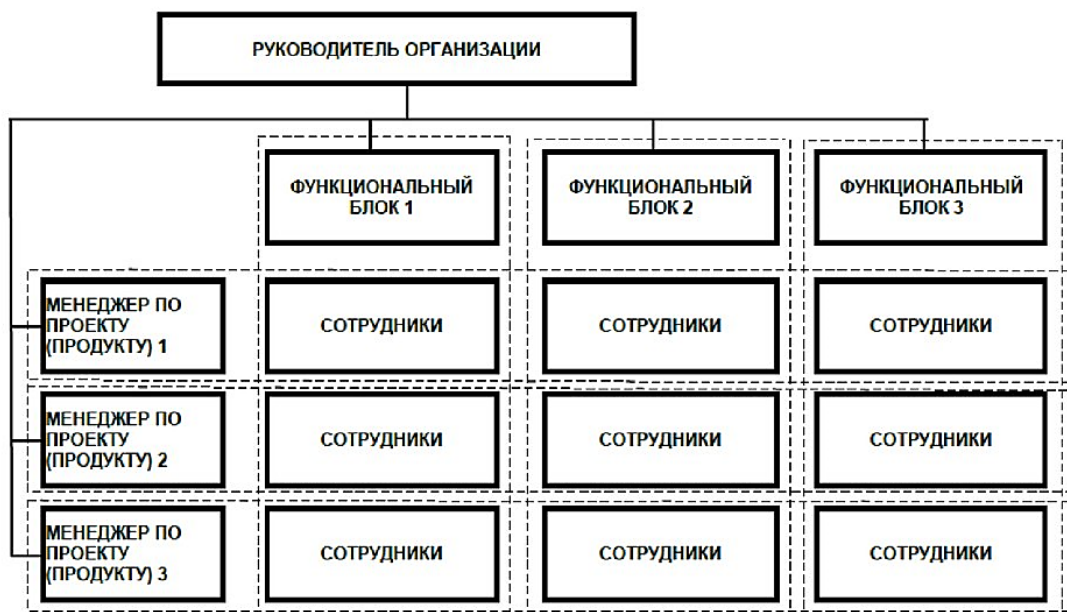


Рис. 12

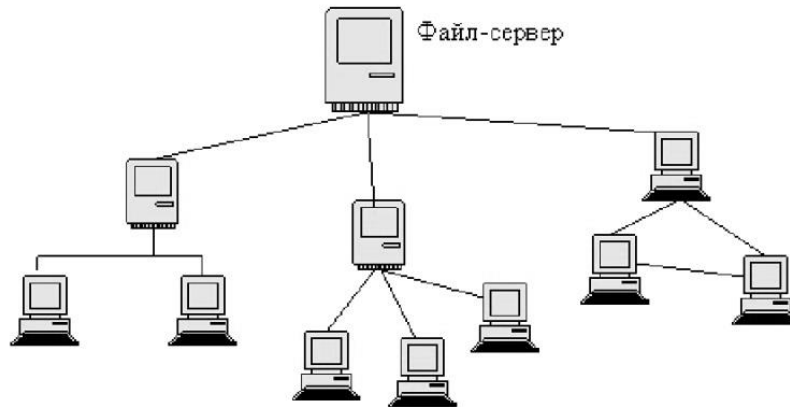


Рис. 13

11. Какой подход называется системным?
12. Внешние и внутренние свойства систем (на конкретных примерах).
13. Вертикальные и горизонтальные уровни анализа систем (на конкретном примере).
14. Технические и кибернетические системы, их особенности.
15. Биологические системы, их свойства и особенности.
16. Социальные системы, их свойства и особенности.
17. Что отличает организационные системы от технических, биологических, социальных систем? В чем их сходство?

Схема движения маршрута № 45

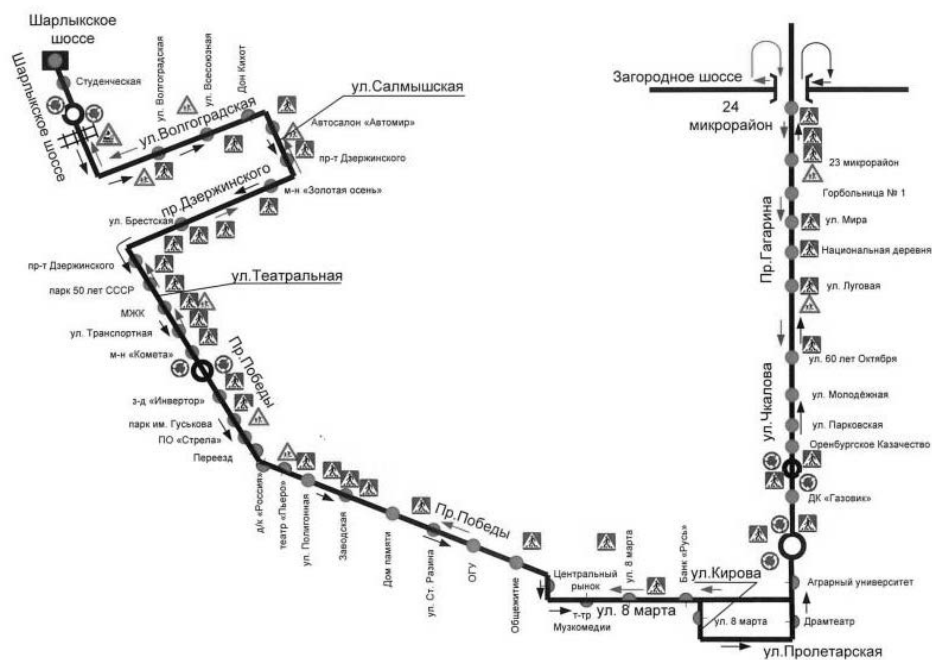


Рис. 14

Тема 2. ПРИНЦИПЫ И СТРУКТУРА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Вопросы, рассматриваемые при изучении темы

1. Основные принципы системного анализа и их характеристика.
2. Структура системного анализа и ее характеристика.
3. Декомпозиция: понятие, уровни декомпозиции, правила декомпозиции.
4. Анализ: понятие, методы анализа.
5. Синтез: понятие, основные методы синтеза.

Краткое содержание темы



Рис. 15. Принципы системного анализа



Рис. 16. Структура системного анализа

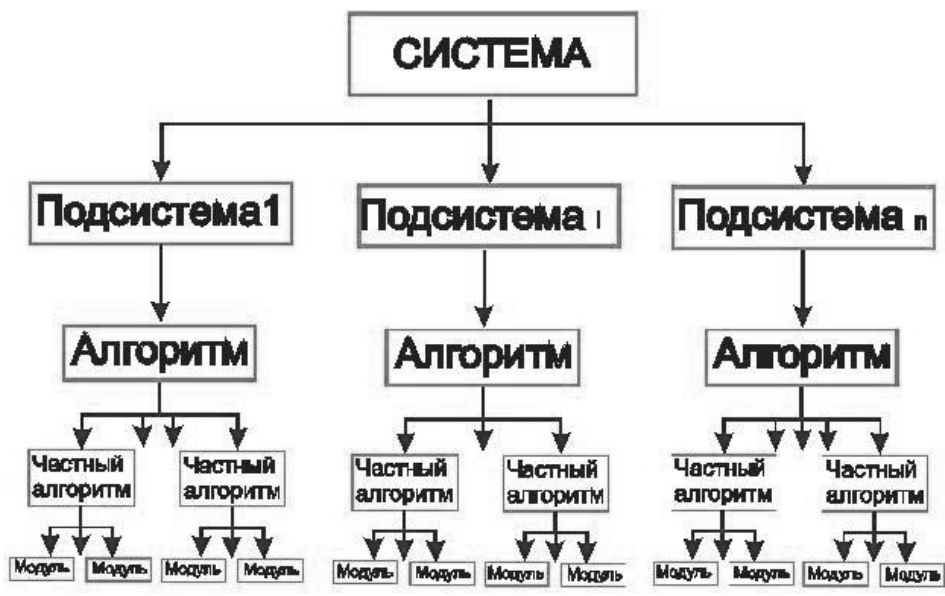


Рис. 17. Декомпозиция системы

Вопросы и задания

1. Перечислите и дайте характеристику принцип системного анализа. Проиллюстрируйте на конкретном примере наличие этих принципов
2. Какие системные принципы проиллюстрированы на рисунках 18 – 22? Обоснуйте свой ответ.
3. Что такое декомпозиция? Расскажите о целях и задачах декомпозиции. Опишите общую схему декомпозиции систем.
4. Что такое анализ систем. Дайте общую характеристику методов анализа.
5. Что такое синтез систем. Дайте общую характеристику видов синтеза систем.



Рис. 18

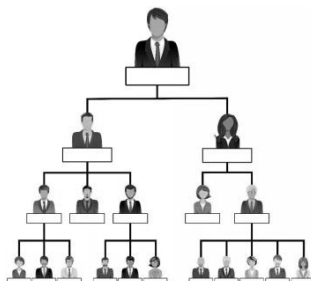


Рис. 19



Рис. 20

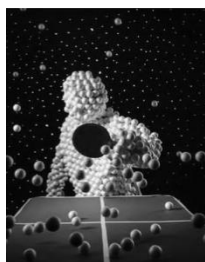


Рис. 21



Рис. 22

6. Примером каких элементов структурного анализа служат рис. 23 – 26. Обоснуйте свой ответ.



Рис. 23

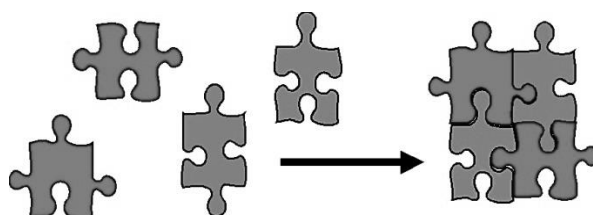


Рис. 24

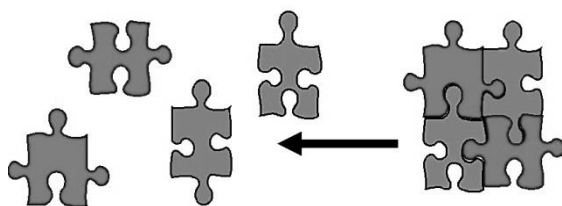


Рис. 25

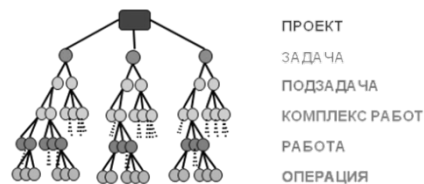


Рис. 26

Тема 3. МОДЕЛИ СИСТЕМ

Вопросы, рассматриваемые при изучении темы

1. Моделирование, модель: понятие. Цели моделирования.
2. Классификация моделей.
3. Жизненный цикл моделируемой системы.
4. Основные свойства модели.
5. Модель состава системы: основные понятия, границы применения.
6. Модель структуры системы: основные понятия, границы применения.

7. Модель «черного ящика»: основные понятия, границы применения.

8. Классификация видов моделирования систем.

Краткое содержание темы



Рис. 27. Классификация моделей.

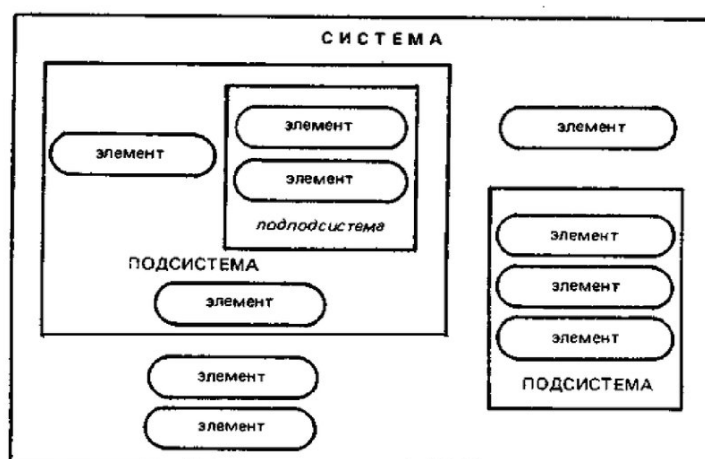


Рис. 28. Модель состава системы.

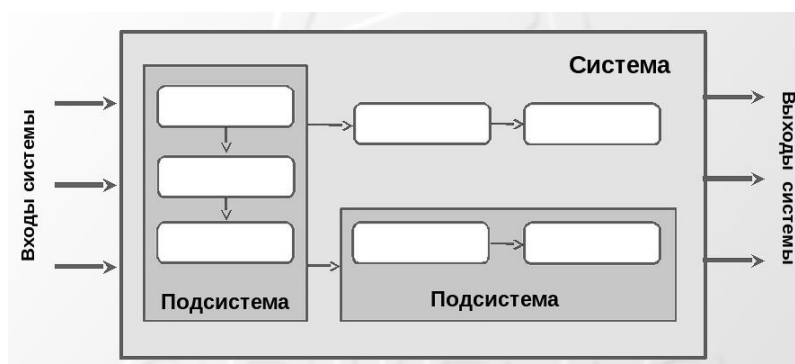


Рис. 29. Модель структуры системы.

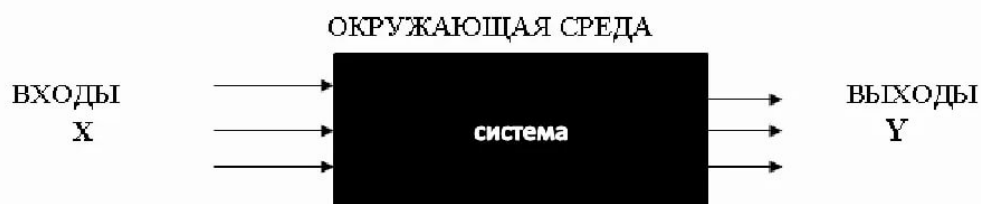


Рис. 30. Модель «черного ящика».

Основы моделирования систем

Модель и моделирование – универсальные понятия, атрибуты одного из наиболее мощных методов познания в любой профессиональной области, познания системы, процесса, явления.

Модели и моделирование объединяют специалистов различных областей, работающих над решением межпредметных проблем, независимо от того, где эта модель и результаты моделирования будут применены. Вид модели и методы его исследования больше зависят от информационно-логических связей элементов и подсистем моделируемой системы, ресурсов, связей с окружением, используемых при моделировании, а не от конкретной природы, конкретного наполнения системы.

У моделей, особенно математических, есть и дидактические аспекты - развитие модельного стиля мышления, позволяющего вникать в структуру и внутреннюю логику моделируемой системы.

Построение модели - системная задача, требующая анализа и синтеза исходных данных, гипотез, теорий, знаний специалистов. Системный подход позволяет не только построить модель реальной системы, но и использовать эту модель для оценки (например, эффективности управления, функционирования) системы.

Модель - объект или описание объекта, системы для замещения (при определенных условиях предложениях, гипотезах) одной системы (т.е. оригинала) другой системой для лучшего изучения оригинала или воспроизведения каких-либо его свойств. Модель - результат отображения одной структуры (изученной) на другую (малоизученную). Отображая физическую систему (объект) на математическую систему (например, математический аппарат уравнений), получим физико-математическую модель системы или математическую модель физической системы. Любая модель строится и исследуется при определенных допущениях, гипотезах.

Слово "модель" (лат. modelium) означает "мера", "способ", "сходство с какой-то вещью".

Пример. Рассмотрим физическую систему: тело массой m скатывающееся по наклонной плоскости с ускорением a , на которое воздействует сила F . Исследуя такие системы, Ньютон получил математическое соотношение: $F=ma$. Это физико-математическая модель системы или математическая модель физической системы. При описании этой системы (построении этой модели) приняты следующие гипотезы: 1) поверхность идеальна (т.е. коэффициент трения равен нулю); 2) тело находится в вакууме (т.е. сопротивление воздуха равно нулю); 3) масса тела неизменна; 4) тело движется с одинаковым постоянным ускорением в любой точке.

Пример. Физиологическая система - система кровообращения человека - подчиняется некоторым законам термодинамики. Описывая эту систему на физическом (термодинамическом) языке балансовых законов, получим физическую, термодинамическую модель физиологической системы. Если записать эти законы на математическом языке, например, выписать соответствующие термодинамические уравнения, то уже получим математическую модель системы кровообращения. Назовем ее физиолого-физико-математической моделью или физико-математической моделью.

Пример. Совокупность предприятий функционирует на рынке, обмениваясь товарами, сырьем, услугами, информацией. Если описать экономические законы, правила их взаимодействия на рынке с помощью математических соотношений, например, системы алгебраических уравнений, где неизвестными будут величины прибыли, получаемые от взаимодействия предприятий, а коэффициентами уравнения будут значения интенсивностей таких взаимодействий, то получим математическую модель экономической системы, т.е. экономико-математическую модель системы предприятий на рынке.

Пример. Если банк выработал стратегию кредитования, смог описать ее с помощью экономико-математических моделей и прогнозирует свою тактику кредитования, то он имеет большую устойчивость и жизнеспособность.

Моделирование базируется на математической теории подобия, согласно которой абсолютное подобие может иметь место лишь при замене одного объекта другим точно таким же. При моделировании

большинства систем (за исключением, возможно, моделирования одних математических структур другими) абсолютное подобие невозможно, и основная цель моделирования - модель достаточно хорошо должна отображать функционирование моделируемой системы.

Схема построения модели M системы S с входными сигналами X и выходными сигналами Y изображена на рис. 31.

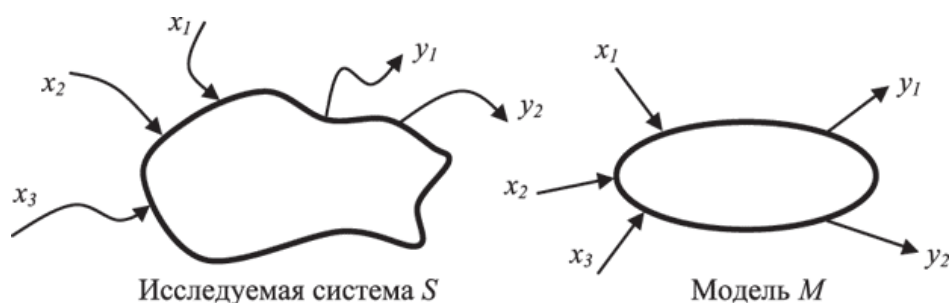


Рис. 31. Схема построения модели

Если на вход M поступают сигналы из X и на выходе появляются сигналы Y , то задан закон, правило f функционирования модели, системы.

Модели, если отвлечься от областей, сфер их применения, бывают трех типов: познавательные, прагматические и инструментальные.

Познавательная модель - форма организации и представления знаний, средство соединения новых и старых знаний. Познавательная модель, как правило, подгоняется под реальность и является теоретической моделью.

Прагматическая модель - средство организации практических действий, рабочего представления целей системы для ее управления. Реальность в них подгоняется под некоторую прагматическую модель. Это, как правило, прикладные модели.

Инструментальная модель - средство построения, исследования и/или использования прагматических и/или познавательных моделей.

Познавательные отражают существующие, а прагматические - хоть и не существующие, но желаемые и, возможно, исполнимые отношения и связи.

По уровню, "глубине" моделирования модели бывают:

- эмпирические - на основе эмпирических фактов, зависимостей;

- теоретические - на основе математических описаний;
- смешанные, полуэмпирические - на основе эмпирических зависимостей и математических описаний.

Проблема моделирования состоит из трех задач:

- построение модели (эта задача менее формализуема и конструктивна, в том смысле, что нет алгоритма для построения моделей);
- исследование модели (эта задача более формализуема, имеются методы исследования различных классов моделей);
- использование модели (конструктивная и конкретизируемая задача).

Моделирование - это универсальный метод получения, описания и использования знаний. Он используется в любой профессиональной деятельности. В современной науке и технологии роль и значение моделирования усиливается, актуализируется проблемами, успехами других наук. Моделирование реальных и нелинейных систем живой и неживой природы позволяет перекидывать мостики между нашими знаниями и реальными системами, процессами, в том числе и мыслительными.

Классификацию моделей проводят по различным критериям. Мы будем использовать наиболее простую и практически значимую.

Модель называется *статической*, если среди параметров, участвующих в ее описании, нет временного параметра. Статическая модель в каждый момент времени дает лишь "фотографию" системы, ее срез.

Пример. Закон Ньютона $F=am$ - это статическая модель движущейся с ускорением a материальной точки массой m . Эта модель не учитывает изменение ускорения от одной точки к другой.

Модель *динамическая*, если среди ее параметров есть временной параметр, т.е. она отображает систему (процессы в системе) во времени.

Пример. Модель $S=gt^2/2$ - динамическая модель пути при свободном падении тела. Динамическая модель типа закона Ньютона: $F(t)=a(t)m(t)$. Еще лучшей формой динамической модели Ньютона является $F(t)=s''(t)m(t)$.

Модель *дискретная*, если она описывает поведение системы только в дискретные моменты времени.

Пример. Если рассматривать только $t=0, 1, 2, \dots, 10$ (сек), то модель $S_t=gt^2/2$ или числовая последовательность $S_0=0, S_1=g/2, S_2=2g, S_3=9g/2, \dots, S_{10}=50g$ может служить дискретной моделью движения свободно падающего тела.

Модель *непрерывная*, если она описывает поведение системы для всех моментов времени из некоторого промежутка времени.

Пример. Модель $S=gt^2/2, 0<t<100$ непрерывна на промежутке времени $(0;100)$.

Модель *имитационная*, если она предназначена для испытания или изучения возможных путей развития и поведения объекта путем варьирования некоторых или всех параметров модели.

Пример. Пусть модель экономической системы производства товаров двух видов 1 и 2, соответственно, в количестве x_1 и x_2 единиц и стоимостью каждой единицы товара a_1 и a_2 на предприятии описана в виде соотношения: $a_1x_1+a_2x_2=S$, где S - общая стоимость произведенной предприятием всей продукции (вида 1 и 2). Можно ее использовать в качестве имитационной модели, по которой можно определять (варьировать) общую стоимость S в зависимости от тех или иных значений объемов производимых товаров.

Модель *детерминированная*, если каждому входному набору параметров соответствует вполне определенный и однозначно определяемый набор выходных параметров; в противном случае - модель недетерминированная, стохастическая (вероятностная).

Пример. Приведенные выше физические модели - детерминированные. Если в модели $S=gt^2/2, 0<t<100$ мы учли бы случайный параметр - порыв ветра с силой p при падении тела, например, так: $S(p)=g(p)t^2/2, 0<t<100$, то мы получили бы стохастическую модель (уже не свободного!) падения.

Модель *функциональная*, если она представима в виде системы каких-либо функциональных соотношений.

Пример. Непрерывный, детерминированный закон Ньютона и модель производства товаров (см. выше) - функциональные.

Модель *теоретико-множественная*, если она представима с помощью некоторых множеств и отношений принадлежности им и между ними.

Пример. Пусть заданы множество

$X = \{\text{Николай, Петр, Николаев, Петров, Елена, Екатерина, Михаил, Татьяна}\}$

и отношения: Николай - супруг Елены, Екатерина - супруга Петра, Татьяна - дочь Николая и Елены, Михаил - сын Петра и Екатерины, семьи Михаила и Петра дружат друг с другом.

Тогда множество X и множество перечисленных отношений Y могут служить теоретико-множественной моделью двух дружественных семей.

Модель *логическая*, если она представима предикатами, логическими функциями.

Пример. Совокупность двух логических функций вида:

$$z = x \wedge u \vee x \wedge \bar{u}, \quad p = x \wedge u$$

может служить математической моделью одноразрядного сумматора.

Модель *игровая*, если она описывает, реализует некоторую игровую ситуацию между участниками игры (лицами, коалициями).

Пример. Пусть игрок 1 - добросовестный налоговый инспектор, а игрок 2 - недобросовестный налогоплательщик. Идет процесс (игра) по уклонению от налогов (с одной стороны) и по выявлению сокрытия уплаты налогов (с другой стороны). Игроки выбирают натуральные числа i и j ($i, j \leq n$), которые можно отождествить, соответственно, со штрафом игрока 2 за неуплату налогов при обнаружении факта неуплаты игроком 1 и с временной выгодой игрока 2 от сокрытия налогов (в средне- и долгосрочном плане штраф за сокрытие может оказаться намного более ощутимым). Рассмотрим матричную игру с матрицей выигрышей порядка n . Каждый элемент этой матрицы A определяется по правилу $a_{ij} = |i - j|$. Модель игры описывается этой матрицей и стратегией уклонения и поимки. Эта игра - антагонистическая, бескоалиционная (формализуемые в математической теории игр понятия мы пока будем понимать содержательно, интуитивно).

Модель *алгоритмическая*, если она описана некоторым алгоритмом или комплексом алгоритмов, определяющим ее функционирование, развитие. Введение такого, на первый взгляд, непривычного типа моделей (действительно, кажется, что любая модель может быть представлена алгоритмом её исследования), на наш взгляд, вполне обосновано, так как не все модели могут быть исследованы или реализованы алгоритмически.

Пример. Моделью вычисления суммы бесконечного убывающего ряда чисел может служить алгоритм вычисления конечной суммы ряда до некоторой заданной степени точности. Алгоритмической моделью корня квадратного из числа x может служить алгоритм вычисления его приближенного сколь угодно точного значения по известной рекуррентной формуле.

Модель *структурная*, если она представима структурой данных или структурами данных и отношениями между ними.

Пример. Структурной моделью может служить описание (табличное, графовое, функциональное или другое) трофической структуры экосистемы. Постройте такую модель (одна из них была приведена выше).

Модель *графовая*, если она представима графом или графами и отношениями между ними.

Модель *иерархическая* (древовидная), если представима некоторой иерархической структурой (деревом).

Пример. Для решения задачи нахождения маршрута в дереве поиска можно построить, например, древовидную модель (рис. 32):

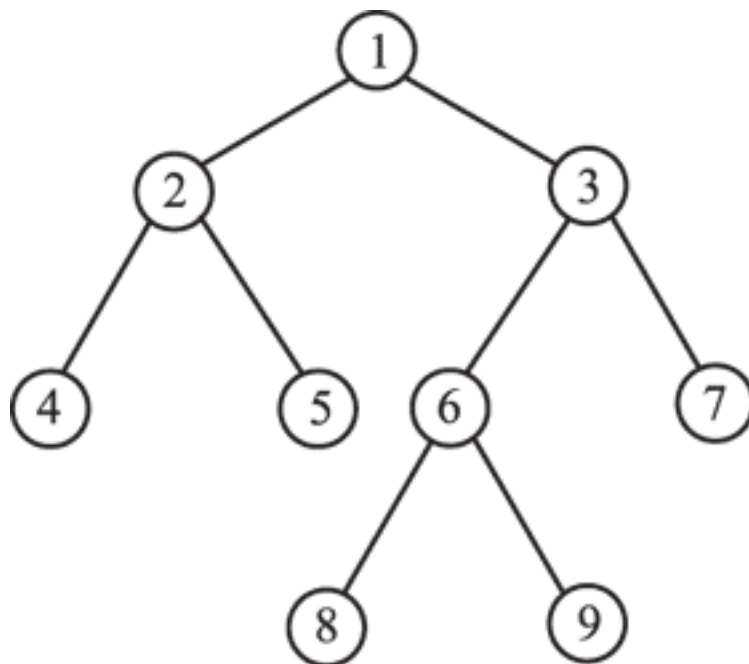


Рис. 32. Модель иерархической структуры

Модель *сетевая*, если она представима некоторой сетевой структурой.

Пример. Строительство нового дома включает операции, приведенные в нижеследующей таблице.

Таблица работ при строительстве дома				
№	Операция	Время выполнения (дни)	Предшествующие операции	Дуги графа
1	Расчистка участка	1	нет	-
2	Закладка фундамента	4	Расчистка участка (1)	1-2
3	Возведение стен	4	Закладка фундамента (2)	2-3
4	Монтаж электропроводки	3	Возведение стен (3)	3-4
5	Штукатурные работы	4	Монтаж электропроводки (4)	4-5
6	Благоустройство территории	6	Возведение стен (3)	3-6
7	Отделочные работы	4	Штукатурные работы (5)	5-7
8	Настил крыши	5	Возведение стен (3)	3-8

Сетевая модель (сетевой график) строительства дома дана на рис. 33.

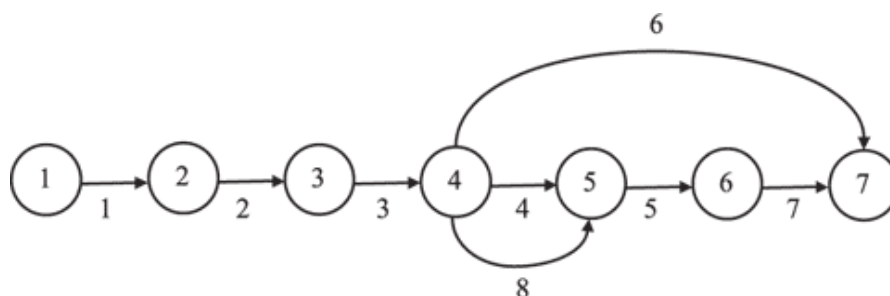


Рис. 33. Сетевой график строительства работ

Модель языковая, лингвистическая, если она представлена некоторым лингвистическим объектом, формализованной языковой системой или структурой. Иногда такие модели называют вербальными, синтаксическими и т.п.

Пример. Правила дорожного движения - языковая, структурная модель движения транспорта и пешеходов на дорогах.

Модель *визуальная*, если она позволяет визуализировать отношения и связи моделируемой системы, особенно в динамике.

Пример. На экране компьютера часто пользуются визуальной моделью того или иного объекта, например, клавиатуры в программатренажере по обучению работе на клавиатуре.

Модель *натурная*, если она есть материальная копия объекта моделирования.

Пример. Глобус - натурная географическая модель земного шара.

Модель *геометрическая, графическая*, если она представима геометрическими образами и объектами.

Пример. Макет дома является натурной геометрической моделью строящегося дома. Вписанный в окружность многоугольник дает модель окружности. Именно она используется при изображении окружности на экране компьютера. Прямая линия является моделью числовой оси, а плоскость часто изображается как параллелограмм.

Модель *фрактальная*, если она описывает эволюцию моделируемой системы эволюцией фрактальных объектов.

Пример. Пример фрактальной модели - множество Кантора. Рассмотрим отрезок $[0;1]$. Разделим его на 3 части и выбросим средний отрезок. Оставшиеся 2 промежутка опять разделим на три части и выкинем средние промежутки и т.д. Получим множество, называемое множеством Кантора. В пределе получаем несчетное множество изолированных точек (рис. 34).



Рис. 34. Множество Кантора для 3-х делений

Можно показать, что если n - размерность множества Кантора, то $n = \ln 2 / \ln 3 \approx 0,63$, т.е. этот объект (фрактал) еще не состоит только из изолированных точек, хотя уже и не состоит из отрезка. Фрактальные объекты самоподобны, если они выглядят одинаково в любом пространственном масштабе, масштабно инвариантны, фрагменты структуры повторяются через определенные пространственные промежутки. Поэтому они очень хорошо подходят для моделирования нерегулярностей, так как позволяют описывать (например, дискретными

моделями) эволюцию таких систем для любого момента времени и в любом пространственном масштабе.

Самоподобие встречается в самых разных предметах и явлениях.

Пример. Самоподобны ветки деревьев, снежинки, экономические системы (волны Кондратьева), горные системы.

Фрактальная модель применяется обычно тогда, когда реальный объект нельзя представить в виде классической модели, когда имеем дело с нелинейностью (многовариантностью путей развития и необходимостью выбора) и недетерминированностью, хаотичностью и необратимостью эволюционных процессов.

Тип модели зависит от информационной сущности моделируемой системы, от связей и отношений его подсистем и элементов, а не от его физической природы.

Пример. Математические описания (модели) динамики эпидемии инфекционной болезни, радиоактивного распада, усвоения второго иностранного языка, выпуска изделий производственного предприятия и т.д. являются одинаковыми с точки зрения их описания, хотя процессы различны.

Границы между моделями различного типа или же отнесение модели к тому или иному типу часто весьма условны. Можно говорить о различных режимах использования моделей - имитационном, стохастическом и т.д.

Основные свойства любой модели:

- целенаправленность - модель всегда отображает некоторую систему, т.е. имеет цель;
- конечность - модель отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений и, кроме того, ресурсы моделирования конечны;
- упрощенность - модель отображает только существенные стороны объекта и, кроме того, должна быть проста для исследования или воспроизведения;
- приближительность - действительность отображается моделью грубо или приблизительно;
- адекватность - модель должна успешно описывать моделируемую систему;
- наглядность, обозримость основных ее свойств и отношений;

- доступность и технологичность для исследования или воспроизведения;
- информативность - модель должна содержать достаточную информацию о системе (в рамках гипотез, принятых при построении модели) и должна давать возможность получить новую информацию;
- сохранение информации, содержащейся в оригинале (с точностью рассматриваемых при построении модели гипотез);
- полнота - в модели должны быть учтены все основные связи и отношения, необходимые для обеспечения цели моделирования;
- устойчивость - модель должна описывать и обеспечивать устойчивое поведение системы, если даже она вначале является неустойчивой;
- целостность - модель реализует некоторую систему (т.е. целое);
- замкнутость - модель учитывает и отображает замкнутую систему необходимых основных гипотез, связей и отношений;
- адаптивность - модель может быть приспособлена к различным входным параметрам, воздействиям окружения;
- управляемость (имитационность) - модель должна иметь хотя бы один параметр, изменениями которого можно имитировать поведение моделируемой системы в различных условиях;
- эволюционируемость - возможность развития моделей (предыдущего уровня).

Жизненный цикл моделируемой системы:

- сбор информации об объекте, выдвижение гипотез, предмодельный анализ;
- проектирование структуры и состава моделей (подмоделей);
- построение спецификаций модели, разработка и отладка отдельных подмоделей, сборка модели в целом, идентификация (если это нужно) параметров моделей;
- исследование модели - выбор метода исследования и разработка алгоритма (программы) моделирования;
- исследование адекватности, устойчивости, чувствительности модели;
- оценка средств моделирования (затраченных ресурсов);

- интерпретация, анализ результатов моделирования и установление некоторых причинно-следственных связей в исследуемой системе;
- генерация отчетов и проектных (народно-хозяйственных) решений;
- уточнение, модификация модели, если это необходимо, и возврат к исследуемой системе с новыми знаниями, полученными с помощью модели и моделирования.

Моделирование - метод системного анализа. Но часто в системном анализе при модельном подходе исследования может совершаться одна методическая ошибка, а именно, - построение корректных и адекватных моделей (подмоделей) подсистем системы и их логически корректная увязка не дает гарантий корректности построенной таким способом модели всей системы. Модель, построенная без учета связей системы со средой и ее поведения по отношению к этой среде, может часто лишь служить еще одним подтверждением теоремы Геделя, а точнее, ее следствия, утверждающего, что в сложной изолированной системе могут существовать истины и выводы, корректные в этой системе и некорректные вне ее.

Наука моделирования состоит в разделении процесса моделирования (системы, модели) на этапы (подсистемы, подмодели), детальном изучении каждого этапа, взаимоотношений, связей, отношений между ними и затем эффективного описания их с максимальной возможной степенью формализации и адекватности. В случае нарушения этих правил получаем не модель системы, а модель "собственных и неполных знаний".

Моделирование (в значении "метод", "модельный эксперимент") рассматривается как особая форма эксперимента, эксперимента не над самим оригиналом (это называется простым или обычным экспериментом), а над копией (заместителем) оригинала. Здесь важен изоморфизм систем (оригинальной и модельной) - изоморфизм, как самой копии, так и знаний, с помощью которых она была предложена.

Модели и моделирование применяются по основным направлениям:

- обучение (как моделям, моделированию, так и самих моделей);

- познание и разработка теории исследуемых систем (с помощью каких-либо моделей, моделирования, результатов моделирования);
- прогнозирование (выходных данных, ситуаций, состояний системы);
- управление (системой в целом, отдельными подсистемами системы), выработка управленческих решений и стратегий;
- автоматизация (системы или отдельных подсистем системы).

Вопросы и задания

1. Дайте определение понятия модель. Приведите пример.
2. В чем отличие между моделью системы и ее прообразом. приведите пример.
3. На рис. 35 – 43 приведены модели систем. Какому типу моделей принадлежит каждая из представленных? Почему?

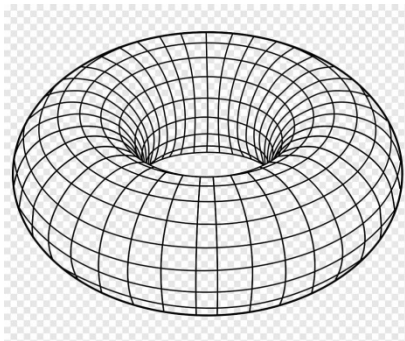


Рис. 35



Рис. 36

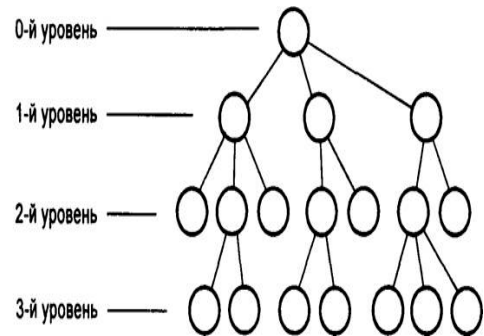


Рис. 37

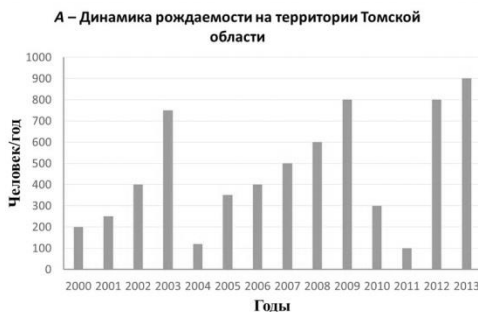
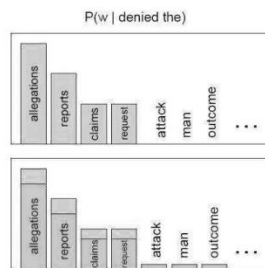


Рис. 38



Рис. 39

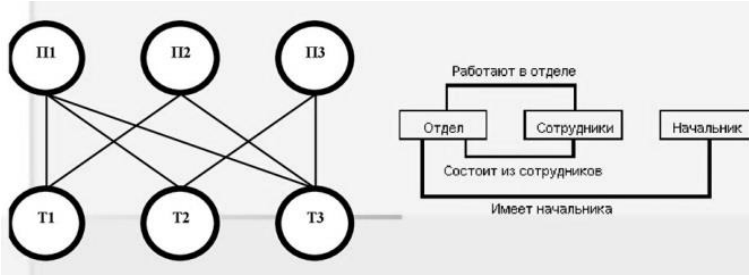


$$P(w_i) = \frac{c_i}{N}$$

$$P_{\text{Laplace}}(w_i) = \frac{c_i + 1}{N + V}$$

$$P^*(w_n | w_{n-1}) = \frac{C(w_{n-1}w_n) + 1}{C(w_{n-1}) + V}$$

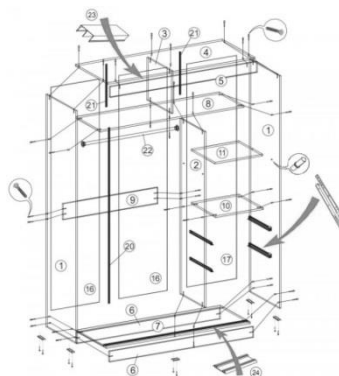
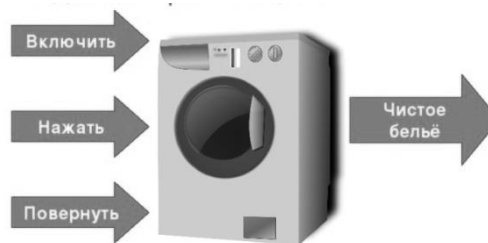
Рис. 40



4. Перечислите основные этапы жизненного цикла моделируемой системы. Проиллюстрируйте сказанное на примере.

5. Перечислите основные свойства модели. Продемонстрируйте наличие этих свойств на примерах моделей, изображенных на рисунках 35 – 43. Придумайте свой пример.

6. Какие из моделей систем, изображенных на рис. 44 – 46, относятся к классам моделей состава? структуры? черного ящика?



Обозначение деталей, габариты, количество согласно схемы сборки

1	Бокovina шкафа	2084x520	2
2	Перегородка левая	1968x472	1
3	Перегородка правая	1968x472	1
4	Крыша шкафа	1700x536	1
5	Дно шкафа	1668x520	1
6	Цоколь	1668x100	2
7	Вязка верхняя	545x420	2
8	Вязка нижняя	546x420	1
9	Полка	546x400	2
10	Переычка верхняя	546x200	1
11	Переычка нижняя	546x100	1
12	Планка верхняя	1700x100	1
13	Фасад распашной	1660x268	2
14	Фасад сдвижной левый	1924x554	1
15	Фасад сдвижной правый	1924x554	1
16	Накладка левая	1470x100	1
17	Накладка правая	1470x100	1
18	Стенка задняя	1695x500	4
19	Штанга	L=544	2
20	Профиль соединительный	L=1668	3
21	Верхний профиль	L=1666	1
22	Нижний профиль	L=1666	1

Рис. 46

7. Для одной и той же системы, взятой по вашему выбору, получите модель состава, структуры и черного ящика. Укажите, в каких случаях для выбранной системы целесообразно использовать ту или иную модель.

8. Предположим, что мы получили модель человека (рис. 47):



Рис. 47

Для каких профессий такой модели будет достаточно? Для каких недостаточно? Обоснуйте свой ответ.

9. Расскажите о моделировании. Приведите классификацию видов моделирования систем. На примерах опишите ситуационное, натурное, структурное, информационное, комбинированное, имитационное, аналитическое, математическое, символическое, мысленное моделирование.

Тема 4. ПОНЯТИЕ «ПРОБЛЕМА». КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОБЛЕМ ПО СТЕПЕНИ ИХ СТРУКТУРИЗАЦИИ

Вопросы, рассматриваемые при изучении темы

1. Понятия «проблема» и «проблемная ситуация».
2. Системный анализ проблем. Общий алгоритм системного решения проблем.
3. Классификация проблем по степени их структуризации. Основная характеристика.
4. Хорошо структурированные проблемы. Основные этапы решения. Методология решения хорошо структурированных проблем. Принципы решения хорошо структурированных проблем.

5. Слабоструктурированные проблемы. Основные этапы решения. Методология решения слабоструктурированных проблем. Принципы решения слабоструктурированных проблем.

6. Неструктурированные проблемы. Основные этапы решения. Методология решения неструктурированных проблем. Принципы решения неструктурированных проблем.

7. Общая характеристика основных методов решения проблем.

Краткое содержание темы



Рис. 48. Основные этапы решения проблем

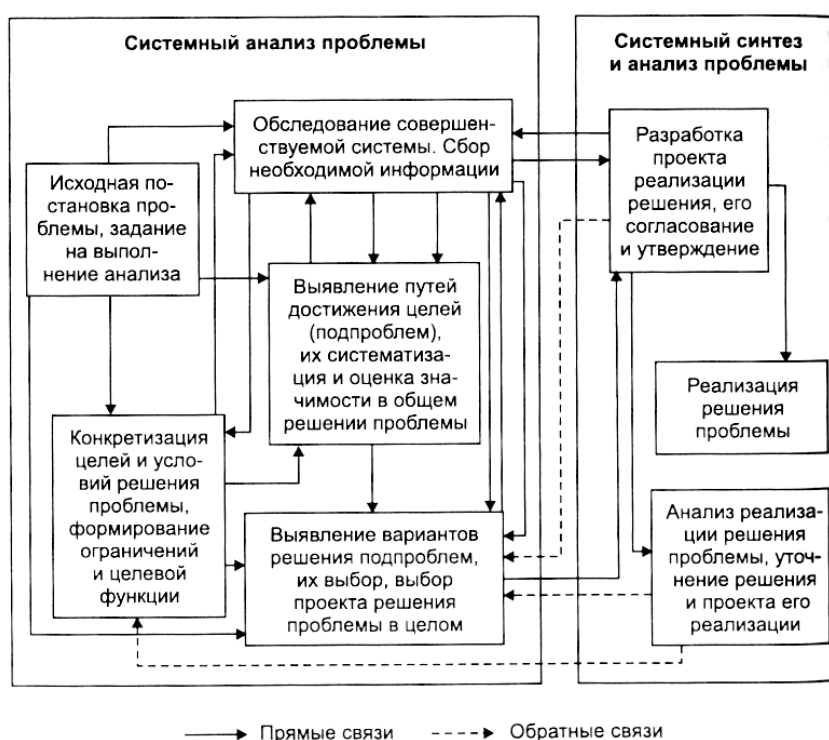


Рис. 49. Взаимодействие этапов решения проблем

Методология решения хорошо структурированных проблем

Для решения проблем этого класса широко используются математические методы исследования операций. В операционном исследовании можно выделить основные этапы:

1. Определение конкурирующих стратегий достижения цели.
2. Построение математической модели операции.
3. Оценка эффективностей конкурирующих стратегий.
4. Выбор оптимальной стратегии достижения целей.

Математическая модель операции представляет собой функционал:

$$E = f(x \in x^{\rightarrow}, \{\alpha\}, \{\beta\}) \Rightarrow \text{ext}$$

- E – критерий эффективности операций;
- x – стратегия оперирующей стороны;
- α – множество условий проведения операций;
- β – множество условий внешней среды.

Модель позволяет оценить эффективность конкурирующих стратегий и выбрать из их числа оптимальную стратегию (рис. 50).

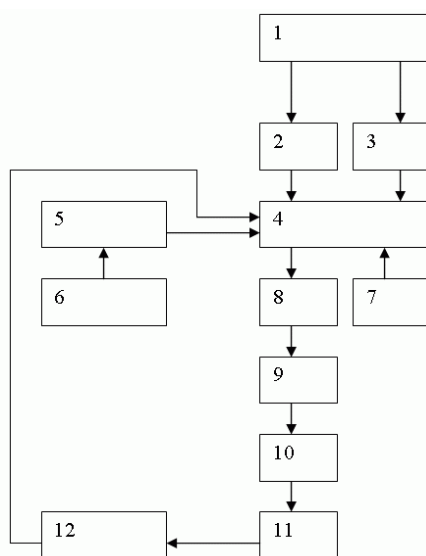


Рис. 50. Алгоритм решения хорошо структурированной проблемы

На рис. 50 цифрами обозначены:

1. постоянство проблемы;
2. ограничения;

3. критерий эффективности операций;
4. математическая модель операции
5. параметры модели, но часть параметров, как правило, не известна;
6. прогнозирование информации (т.е. нужно предугадать ряд параметров);
7. конкурирующие стратегии;
8. анализ и стратегии;
9. оптимальная стратегия;
10. утвержденная стратегия (более простая, но которая удовлетворяет еще ряду критериев);
11. реализация решения;
12. корректировка модели.

Критерий эффективности операции должен удовлетворять ряду требований:

1. Представительность, т.е. критерий должен отражать основную, а не второстепенную цель операции.
2. Критичность – т.е. критерий должен изменяться при изменении параметров операций.
3. Единственность, так как только в этом случае возможно найти строгое математическое решение задачи оптимизации.
4. Учет стохастичности, которая связана обычно со случайным характером некоторых параметров операций.
5. Учет неопределенностей, которая связана с отсутствием какой-либо информации о некоторых параметрах операций.
6. Учет противодействия, которое вызывает часто сознательный противник, управляющий полными параметрами операций.
7. Простая, т.к. простой критерий позволяет упростить математические выкладки при поиске оптимального решения.

Приведем схему, которая иллюстрирует основные требования к критерию эффективности исследования операций (рис. 51).

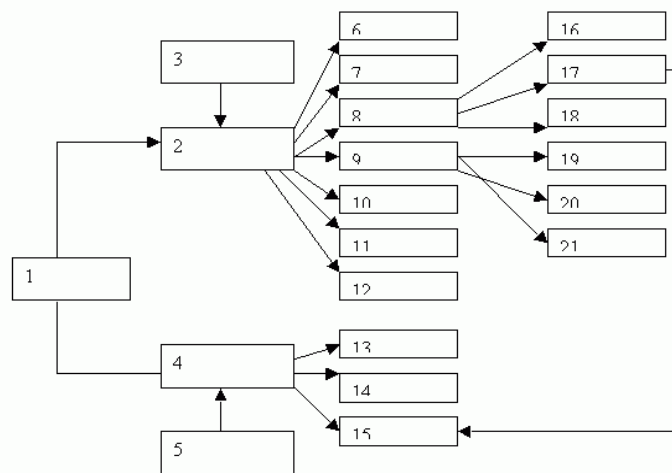


Рис. 51. Требования к критерию эффективности.

На рис. 51 цифрами обозначены:

1. постановка проблемы;
2. критерий эффективности;
3. задачи верхнего уровня;
4. ограничения (мы организуем вложенность моделей);
5. связь с моделями верхнего уровня;
6. представительность;
7. критичность;
8. единственность;
9. учет стохастичности;
10. учет неопределенности;
11. учет противодействия (теория игр);
12. простота;
13. обязательные ограничения;
14. дополнительные ограничения;
15. искусственные ограничения;
16. выбор главного критерия;
17. перевод ограничений;
18. построение обобщенного критерия;
19. оценка математического ожидания;
20. построение доверительных интервалов;
21. анализ возможных вариантов (есть система; мы точно не знаем, какова интенсивность входящего потока; мы можем только с

определенной вероятностью предположить ту или иную интенсивность; затем взвешиваем выходящие варианты).

Единственность – чтобы можно было решить задачу строго математическими методами.

Пункты 16, 17 и 18 – это способы, которые позволяют избавиться от многокритериальности.

Учет стохастичности – большая часть параметров имеет стохастическое значение. В ряде случаев стохастичность мы задаем в виде функции распределения, следовательно, сам критерий необходимо усреднить, т.е. применять математические ожидания, следовательно, п.19, 20, 21.

Методология решения слабо структурированных проблем

Для решения проблем этого класса целесообразно использовать методы системного анализа. Проблемы, решаемые с помощью системного анализа, имеют ряд характерных особенностей:

1. принимаемое решение относится к будущему (завод, которого пока нет);
2. имеется широкий диапазон альтернатив;
3. решения зависят от текущей неполноты технологических достижений;
4. принимаемые решения требуют больших вложений ресурсов и содержат элементы риска;
5. не полностью определены требования, относящиеся к стоимости и времени решения проблемы;
6. проблема внутренняя сложна в следствие того, что для ее решения необходимо комбинирование различных ресурсов.

Основные концепции системного анализа состоят в следующем:

- процесс решения проблемы должен начинаться с выявления и обоснования конечной цели, которой хотят достичь в той или иной области и уже на этом основании определяются промежуточные цели и задачи;
- к любой проблеме необходимо подходить, как к сложной системе, выявляя при этом все возможные подпроблемы и взаимосвязи, а также последствия тех или иных решений;
- в процессе решения проблемы осуществляется формирование множества альтернатив достижения цели; оценка этих альтернатив с

помощью соответствующих критериев и выбор предпочтительной альтернативы;

- организационная структура механизма решения проблемы должна подчиняться цели или ряду целей, а не наоборот.

Системный анализ представляет собой многошаговый итеративный процесс (рис. 52), причем исходным моментом этого процесса является формулировка проблемы в некоторой первоначальной форме.

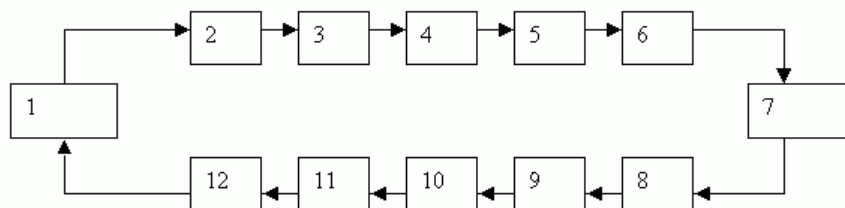


Рис. 52. Основные этапы системного анализа

На рис. 52 цифрами обозначены:

1. постановка проблемы;
2. обоснование цели;
3. формирование альтернатив;
4. исследование ресурса;
5. построение модели;
6. оценка альтернатив;
7. принятие решения (выбор одного решения);
8. анализ чувствительности;
9. проверка исходных данных;
10. уточнение конечной цели;
11. поиск новых альтернатив;
12. анализ ресурсов и критериев;

При формулировке проблемы необходимо учитывать 2 противоречивых требования:

1. проблема должна формулироваться достаточно широко, чтобы ничего существенного не упустить;

2. проблема должна формироваться таким образом, чтобы она была обозримой и могла быть структурирована. В ходе системного анализа степень структуризации проблемы повышается, т.е. проблема формулируется все более четко и исчерпывающе.

Основные принципы системного подхода:

- Целостность, позволяющая рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней.
- Иерархичность строения, то есть наличие множества (по крайней мере, двух) элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня. Реализация этого принципа хорошо видна на примере любой конкретной организации. Как известно, любая организация представляет собой взаимодействие двух подсистем: управляющей и управляемой. Одна подчиняется другой.
- Структуризация, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры. Как правило, процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами её отдельных элементов, сколько свойствами самой структуры.
- Множественность, позволяющая использовать множество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов и системы в целом.
- Системность, свойство объекта обладать всеми признаками системы.

Методология решения неструктурированных проблем

Для решения проблем этого класса целесообразно использовать методы экспертных оценок.

Методы экспертных оценок применяются в тех случаях, когда математическая формализация проблем либо невозможна в силу их новизны и сложности, либо требует больших затрат времени и средств. Общим для всех методов экспертных оценок является обращение к опыту, указанию и интуиции специалистов, выполняющих функции экспертов. Давая ответы на поставленный вопрос, эксперты являются как бы датчиками информации, которая анализируется и обобщается. Можно утверждать, следовательно: если в диапазоне ответов имеется истинный ответ, то совокупность разрозненных мнений может быть эффективно синтезирована в некоторое обобщенное мнение, близкое к реальности. Любой метод экспертных оценок представляет собой совокупность процедур, направленных на получение

информации эвристического происхождения и обработку этой информации с помощью математико-статистических методов.

Процесс подготовки и проведения экспертизы включает следующие этапы:

1. определение цепей экспертизы;
2. формирование группы специалистов-аналитиков;
3. формирование группы экспертов;
4. разработка сценария и процедур экспертизы;
5. сбор и анализ экспертной информации;
6. обработка экспертной информации;
7. анализ результатов экспертизы и принятия решений.

При формировании группы экспертов необходимо учитывать их индивидуальные характеристики, которые влияют на результаты экспертизы:

- компетентность (уровень профессиональной подготовки)
- креативность (творческие способности человека)
- конструктивность мышления (не «летать» в облаках)
- конформизм (подверженность влиянию авторитета)
- отношение к экспертизе
- коллективизм и самокритичность

Методы экспертных оценок применяются достаточно успешно в следующих ситуациях:

- выбор целей и тематики научных исследований;
- выбор вариантов сложных технических и социально-экономических проектов и программ;
- построение и анализ моделей сложных объектов;
- построение критериев в задачах векторной оптимизации;
- классификация однородных объектов по степени выраженности какого-либо свойства;
- оценка качества продукции и новой техники;
- принятие решений в задачах управления производством;
- перспективное и текущее планирование производства, НИР и ОКР;
- научно-техническое и экономическое прогнозирование и т.д. и т.п.;



Рис. 53. Классификация основных методов системного анализа

Вопросы и задания

1. Дайте определение понятия «проблема». Приведите примеры.
2. Дайте определения понятия «проблемная ситуация». Приведите примеры.
3. Перечислите основные этапы решения проблемы. Проиллюстрируйте их на конкретном примере.

4. Расскажите о классификации проблем по степени их структуризации. Дайте основные определения. Приведите примеры.

5. Прочитайте задачу.

Пусть некоторый однородный продукт сосредоточен у m поставщиков A_1, A_2, \dots, A_m в количестве a_1, a_2, \dots, a_m . Этот груз необходимо доставить n потребителям B_1, B_2, \dots, B_n , потребности которых в грузе оцениваются в b_1, b_2, \dots, b_n единиц соответственно. Пусть известна стоимость c_{ij} перевозки единицы груза (тариф) от поставщика номер i потребителю номер j . Необходимо составить план перевозки, позволяющий вывезти все грузы от поставщиков, удовлетворить все потребности потребителей и имеющий максимальную стоимость.

К какому классу проблем ее можно отнести? Почему? Обоснуйте свой ответ.

6. Прочитайте отрывок из пьесы «Женитьба» Н.В. Гоголя.

«Право, такое затруднение – выбор! Если бы еще один, два человека, а то четыре. Как хочешь, так и выбирай. Никанор Иванович недурен, хотя, конечно, худощав; Иван Кузьмич тоже недурен. Да если сказать правду, Иван Павлович тоже хоть и толст, а ведь

очень видный мужчина. Прошу покорно, как тут быть? Балтазар Балтазарович опять мужчина с достоинствами. Уж как трудно решиться, так просто рассказать нельзя, как трудно! Если бы губы Никанора Ивановича да приставить к носу Ивана Кузьмича, да взять сколько-нибудь развязности, какая у Балтазара Балтазарыча, да, пожалуй, прибавить к этому еще дородности Ивана Павловича – я бы тогда тотчас же решилась. А теперь поди подумай! просто голова даже стала болеть.

С каким типом проблемы столкнулась Агафья Тихоновна? Почему? Обоснуйте свой ответ.

7. Рассмотрите картину В. Васнецова «Витязь на распутье» (рис. 54).



Рис. 54

К какому классу проблем ее можно отнести? Почему? Обоснуйте свой ответ.

8. Расскажите о методологии решения хорошо структурированных проблем. Назовите этапы решения хорошо структурированных проблем. Проиллюстрируйте свой ответ двумя – тремя примерами.

9. Расскажите о методологии решения слабоструктурированных проблем. Назовите этапы решения слабоструктурированных проблем. Проиллюстрируйте свой ответ двумя – тремя примерами.

10. Расскажите о методологии решения неструктурированных проблем. Назовите этапы решения неструктурированных проблем. Проиллюстрируйте свой ответ двумя – тремя примерами.

11. Перечислите и дайте общий обзор методов методов решения проблем. Рассмотрите одну проблему и попробуйте найти ее решение с помощью нескольких методов.

Тема 5. КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

Вопросы, рассматриваемые при изучении темы

1. Методы экспертных оценок: общая характеристика. Условия проведения экспертизы. Основные процедуры экспертных измерений.
2. Понятие «мозгового штурма». Правила проведения «мозгового штурма». Этапы проведения «мозгового штурма».
3. Метод сценариев: понятие, общая характеристика.
4. Метод Дельфи: характеристика, процедура использования. Недостатки метода.
5. Построение «дерева целей». Процедура выявления и систематизации целей. Обеспечение полноты «дерева целей». Принципиальная схема «дерева целей». Пример построения «дерева целей».
6. Морфологические методы описания систем: общая характеристика. Этапы и методы морфологического исследования.

Краткое содержание темы

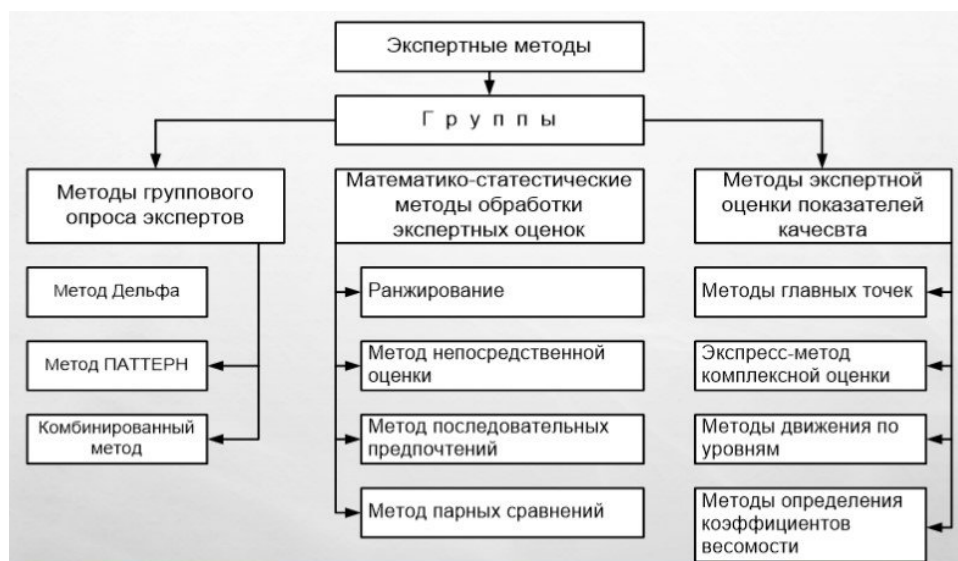


Рис. 55. Классификация экспертных методов

Классификация и общая характеристика методов экспертных оценок

Все методы экспертных оценок целесообразно разбить на 2 класса:

1. Методы формирования индивидуальных экспертных оценок, причем отдельный эксперт может использоваться: для получения ин-

формации типа интервью; свободная беседа, беседа по принципу вопрос-ответ; перекрестный допрос и др. Для сбора исходных данных в методе парных сравнений и других. Для консультаций ЛПР и системных аналитиков.

2. Методы формирования коллективных экспертных оценок, причем группа экспертов может использоваться:

- для коллективной работы за круглым столом (метод комиссий – совещание для решения некоего вопроса; метод мозговой атаки; метод суда и др.);
- для сбора исходных данных в методе Delfi и др.;
- для проведения деловой игры;
- для разработки сценария;
- для построения дерева целей

К числу перспективных методов экспертных оценок относится метод Delfi. Он основан на тщательно разработанной процедуре последовательных индивидуальных спросов экспертов с помощью анкет. Опросы сопровождаются постоянным информированием экспертов о результатах обработки ранее полученных ответов. Экспертиза проводится в несколько туров до тех пор, пока не получают приемлимую сходимость в суждении экспертов. В качестве коллективной экспертной оценки принимается медиана окончательных ответов экспертов.

Метод Delfi непрерывно совершенствуется благодаря применению ЭВМ и использованию его в сочетании с другими методами. Новые модификации метода обеспечивают повышенную универсальность, быстроту и точность получения коллективных экспертных оценок (метод Delfi – конференция и др.).

Принципы формализации эвристической информации

Полученную от экспертов эвристическую информацию необходимо представить в качественной форме, которая удобна для обработки и анализа. При этом для формализации эвристической информации служат следующие типы шкал:

1. шкала классификаций, позволяющая изучать исследуемые объекты с помощью тех или иных чисел;
2. шкала порядка, позволяющая упорядочить исследуемые объекты по какому-либо признаку;

3. шкала интервалов, позволяющая приписать исследуемым объектам относительные числовые значения;

4. шкала отношений, позволяющая приписать исследуемым объектам абсолютные числовые значения;

Приведем пример шкал для формализации эвристической информации:

Лингвистические оценки	Балльные оценки	Шкала Е. Харрингтона
Отлично	5	0,8-1
Хорошо	4	0,63-0,8
Удовлетворительно	3	0,37-0,63
Плохо	2	0,2-0,37
Очень плохо	1	0-0,2

Шкала Харрингтона имеет аналитическое описание в виде функции полезности:

$$y = \exp[-\exp(-x)], 0 \leq y \leq 1,$$

где x – исследуемая величина в диапазоне $[-6;6]$

С помощью шкалы Харрингтона можно привести векторные оценки с различной размерностью к безразмерному виду.

Метод мозгового штурма

Метод мозгового штурма был создан в 1941 году Алексом Осборном – сотрудником американского рекламного агентства суперпрофессионалов «BBD&O». Метод служит для оперативного решения проблем и основывается на стимулировании творческой активности людей, принимающих в нём участие и предлагающих максимальное количество всевозможных вариантов решения. После того, как все варианты озвучены, выбираются те, которые более всего подходят для успешной реализации на практике. Обычно мозговой штурм состоит из трёх обязательных этапов, различных по организации и правилам проведения.

Основные этапы мозгового штурма и правила его построения

1. Постановка проблемы. Этот этап считается предварительным. Он подразумевает чёткую формулировку проблемы, отбор участни-

ков и распределение их ролей (ведущего, помощников и т.д.). Распределение, в свою очередь, зависит от специфики проблемы и формы, в которой будет проводиться штурм.

2. Генерация идей. Это основной этап и именно от него зависит успех всего предприятия. По этой причине важно соблюдать следующие правила.

1) Максимальное количество идей, без любых ограничений.

2) Принимаются даже фантастические, абсурдные и нестандартные идеи.

3) Идеи можно и нужно комбинировать и улучшать.

4) Не должно быть никакой критики или оценивания предлагаемых идей.

3. Отбор, систематизация и оценка идей. Заключительный, но не менее важный этап, который почему-то часто упускается из виду. Нужно понимать, что посредством этого этапа становится возможным выделить по-настоящему эффективные идеи и привести весь мозговой штурм к общему знаменателю. В противоположность второму этапу, оценка и критика приветствуются. А то, насколько данный этап пройдет успешно, зависит от согласованности работы участников и общего направления их мнений относительно решаемой задачи и предлагаемых решений.

Как правило, для мозгового штурма создаётся две группы. В первую группу входят люди – генераторы идей, предлагающие решения. А вторая группа состоит из так называемой комиссии, занимающейся обработкой предложенных решений.

В мозговом штурме принимает участие группа людей, состоящая из ведущего и специалистов. Как только ведущий поставил основную задачу, специалисты начинают высказывать свои идеи. Если в мероприятии принимают участие люди различных должностей, рангов, чинов и социального статуса, то лучше всего, чтобы идеи предлагались именно по возрастанию статуса, во исключение психологического фактора «согласия с начальством». Интересно ещё и то, что в большинстве случаев в начале штурма все выдвигаемые идеи имеют посредственный характер, совершенно обычны и тривиальны, однако по мере вовлечения участников в процесс и активизации мышления и творческого потенциала начинают появляться оригинальные и необычные идеи. На протяжении всего процесса ведущий записывает

все озвученные предложения. И уже после этого осуществляется их отбор, анализ и развитие. Результатом и становится наиболее эффективный и оригинальный способ решения поставленной проблемы.

10 правил эффективного мозгового штурма.

1. Предварительная подготовка. Всем участникам мозгового штурма следует готовиться к нему заранее. Задача штурма должна быть озвучена минимум за 2-3 дня до его проведения. За это время участники смогут неплохо обдумать стоящую перед ними проблему и уже в самом начале штурма предложить несколько интересных идей.

2. Много участников. Чтобы мозговой штурм прошёл максимально эффективно нужно приглашать для участия в нём как можно больше людей, предлагающих, соответственно, больше идей – результаты от такого подхода могут быть очень неожиданными.

3. Уточнение поставленной задачи. Перед началом штурма рекомендуется отвести некоторое время на дополнительное уточнение исследуемой проблемы. Это позволит ещё раз настроить всех «на одну волну», удостовериться в том, что все участники стараются решить одну и ту же задачу и ещё раз убедиться, что она поставлена верно.

4. Записи. На протяжении всей «игры» нужно непременно вести записи и делать пометки. Причём, делать это должен каждый участник. Данную задачу, конечно, может выполнять и один ведущий, но он в любом случае может что-то упустить, пропустить, не заметить. Если же фиксировать идеи будут все, то и итоговый список решений и идей будет максимально полным и объективным.

5. Никакой критики. Этот пункт уже входит в основные правила проведения мозгового штурма, но о нём следует упомянуть ещё раз. Ни в коем случае не отвергайте предлагающиеся идеи, какими бы нелепыми или фантастическими они не казались. Зачастую именно они, переработанные, дополненные и приближённые к реальности, являются теми решениями, ради которых и устраивается мозговой штурм. К тому же, критика всегда действует на людей подавляющим образом, а допускать этого во время штурма категорически не рекомендуется.

6. Максимальная генерация идей. Каждый участник процесса должен понять, что ему нужно предлагать как можно больше идей. Неопытные участники могут стесняться или обдумывать идеи, не

озвучивая их. Следует понимать, что это многократно снижает всю эффективность метода. Это же касается и тех случаев, когда решение, казалось бы, найдено – идеи должны генерироваться на протяжении всего времени, выделенного на второй этап мозгового штурма.

7. Привлечение других людей. Если, например, во время штурма есть цель составить список из 100 решений, но этот уровень никак не достигается, можно привлечь к мозговому штурму людей, которые либо не присутствуют на штурме, либо вообще не имеют к нему никакого отношения.

8. Модификация идей. Для получения наилучшего результата можно соединять две идеи (и более) в одну. Особенно эффективно использовать этот приём, когда имеются варианты решения проблемы, предложенные людьми различного статуса, должности, ранга.

9. Визуальное отображение. Для удобства восприятия и повышения результативности мозгового штурма следует использовать маркерные доски, флэш-панели, плакаты, схемы, таблицы и т.п.

10. Отрицательный результат. Во время поиска решения и даже по его окончании представьте, что ситуация обернулась образом, прямо противоположным требуемому, и всё пошло не так, как вы планировали. С помощью такого моделирования можно способствовать выработке дополнительных идей, а также морально и психологически подготовить себя к любой ситуации.

Плюсы и минусы мозгового штурма.

Плюсы:

- простота овладения и использования;
- незначительность затрат времени, необходимого для проведения «мозгового штурма»;
- универсальность метода;
- в большей степени применим для решения организационных задач и несложных задач технической направленности.

Минусы:

- возможность применения метода для решения несложных задач;
- отсутствие критериев, которые дают определяющие направления «продуцирования» идей;
- отсутствие гарантий получения качественного результата.

Метод сценариев

Метод сценариев – это совокупность приемов изящного изложения процедур подготовки и реализации любых решений, в том числе и управленческих. Осуществляется набор прогнозов по каждому рассматриваемому решению, возможным положительным и отрицательным последствиям. При составлении сценария должна быть решена задача, связанная с установлением логической последовательности событий, чтобы было видно, как происходит переход системы из предыдущего состояния в последующее. При этом эксперт должен отбирать только относящуюся к конкретной ситуации информацию с учетом объективных закономерностей развития. Необходимо показать, какими возможностями располагает каждое «действующее лицо» для управления ходом процесса, перечислить возможные варианты развития. Составление сценария с учетом этих требований – трудная задача.

Сценарий – это попытка подробно описать последовательность событий, с определенной вероятностью ведущих к конечному состоянию, или учесть возможные последствия производимого выбора. Сценарии представляют собой качественные описания, хотя и достаточно детализированные. Их основное достоинство – они позволяют объединить анализ множества факторов. Назначение сценарного метода – обеспечение научно обоснованными прогнозами принятия решений в конкретных областях управленческой деятельности.

Структура сценария состоит из содержательной и количественной частей. Они напоминают литературные сценарии с прологом (история развития объекта), основной частью (ситуация, требующая разработки решения, цель решения, конфликт между участниками) и прологом (решения и возможные последствия). В содержательном плане сценарий представляет собой практическую реализацию принципа последовательного разрешения неопределенности. Все процедуры метода основаны на сочетании содержательного логико-эвристического анализа и формальных методов исследований.

Процесс разработки сценария реализует следующие функции: описательную, объяснительную и предсказательную. Сценарий позволяет определить возможные траектории развития системы. В нем должны четко быть описаны следующие параметры: внутренние факторы (причины процесса саморазвития объекта); фоновые перемен-

ные (факторы внешней среды); факторы управления (факторы, с помощью которых осуществляется целенаправленное воздействие на систему и ее элементы); сценарные переменные (факторы, значения которых непредсказуемы); индикаторы (критичные к предельным состояниям системы параметра).

Процесс разработки сценария делится на два больших этапа: подготовительный, или предсценарный, и сценарный.

Предсценарный этап – содержательное исследование и описание прогнозируемых процессов, построение моделей системы и подготовка всей необходимой информации для синтеза сценариев. Данный этап выполняет описательную и объяснительную функции прогнозных исследований.

На предсценарном этапе должна быть проведена вся подготовительная работа и получены следующие результаты:

- сформулированы цели, задачи и условия прогноза;
- собрана информация и составлено содержательное описание объекта прогнозирования, сформулирована рабочая гипотеза о механизме его функционирования и развития;
- произведена декомпозиция системы (объекта);
- разработана формальная схема функционирования;
- сформулированы основные ограничения процессов функционирования и развития системы и определены индикаторы состояния системы;
- выбраны средние значения фоновых переменных, сценарных параметров и альтернатив управления и построены базовые сценарии для системы в целом и ее элементов.

Сценарный этап обычно начинается с проведения расчетов по всем базовым сценариям. Цель расчетов – проверка содержательных базовых сценариев на допустимость и реализуемость, уточнение исходных значений фоновых переменных и сценарных параметров, количественно - качественный анализ сценариев. Процесс построения сценариев – это выдвижение различных альтернатив развития рассматриваемой системы и последующая проверка каждой из них. Последовательное сравнение альтернатив обычно позволяет экспериментально определить основные тенденции развития и близкие к оптимальным траектории значений управляющих параметров. Разрабатываются 2 – 3 сценария. Преимущества данного метода: воз-

возможность заблаговременно выявить неэффективные с точки зрения последствий решения; разработать несколько прогнозных вариантов развития ситуации и спрогнозировать поведение объекта в каждой из них.

В настоящее время сценарный метод является одним из эффективных методов разработки стратегических решений. Инструмент данного метода – стратегические беседы как эффективный метод стратегической аналитики. Результатом бесед должны стать количественные сценарии бизнес - развития на определенную стратегическую перспективу. Стратегические беседы должны быть целевыми, свободными, хорошо организованными. Для этого необходимо правильно формировать соответствующие группы персонала, направлять их на результативные обсуждения.

Метод сценариев – это инструмент, позволяющий получать информацию для принятия ключевых решений по стратегии развития организации в соответствующей перспективе. Он относится к комплексным методам разработки альтернатив управленческого решения.

Метод «дерево решений»

Метод «дерево решений» – графоаналитический метод, основой которого являются динамическое программирование и теория статистических решений. Вначале строится вероятностный граф возможных состояний. Весь временной период разбивается на отрезки, каждый из которых связан с моментом принятия обязательных решений и с появлением случайных факторов. Затем производят объединение моментов принятия решений и возможных вариантов результативности этих решений при различных вариантах воздействия внешней среды. Чем выше вариантность, тем больше достоверность принимаемого решения. Определив точку принятия решений по реализации возможных альтернатив, выделяют точки, где существует неопределенность, и оценивают альтернативные результаты в этих точках. Оценив вероятности различных событий или результатов действий, затраты ресурсов и экономический эффект, получаемый в результате реализации различных стратегий, выбирают наилучшие альтернативные варианты решений. Логика анализа такова: движение от конечного состояния к начальному, последовательно выбирать оптимальное в

каждой точке. Менее эффективная альтернатива отсекается и из дальнейшего рассмотрения исключается.

Основные этапы разработки или выбора УР по методу «дерево решений»:

1-й этап. Составление новой цели развития или совершенствования компании.

2-й этап. Сбор материалов о реальном состоянии дел в компании по новой цели.

3-й этап. Формулирование проблем как разность между новой целью и обобщенной ситуацией в компании.

4-й этап. Выбор или разработка критериев оценки проблемы.

5-й этап. Декомпозиция проблемы на самостоятельные составные части.

6-й этап. Поиск ресурсов и исполнителей разрешения проблем.

7-й этап. Разработка вариантов основных решений и их предполагаемой эффективности.

8-й этап. Для каждого варианта основных решений разработка вариантов детализирующих решений.

9-й этап. Для каждого варианта детализирующего решения разработка вариантов очередного набора детализирующих решений и т.д.

10-й этап. Оценка каждой ветви взаимодействующих решений на эффективность действий и возможности достижения цели.

11-й этап. Выбор наиболее приемлемых сочетаний вариантов решений.

12-й этап. Практическая реализация выбранного варианта сочетаний решений.

Метод Дельфи

Метод Дельфи разрабатывался в 50-60-е годы XX века в США. Основной его задачей было прогнозирование воздействия научных разработок будущего на методы ведения военных действий. Разрабатывался метод американским стратегическим исследовательским центром «RAND», а его авторами принято считать Олафа Хэлмера, Нормана Дэлки и Николаса Решера. Кстати говоря, название произошло от имени Дельфийского Оракула.

Особенности и суть метода Дельфи. Учитывая то, что метод Дельфи представляет собой метод экспертного оценивания, основными его особенностями являются анонимность, многоуровневость и заочность. Базовой предпосылкой служит идея о том, что если должным образом произвести обобщение и обработку индивидуальных оценок экспертов по поводу конкретной ситуации, можно получить общее мнение, которое будет обладать максимальной степенью надёжности и достоверности.

Смысл же метода состоит в том, чтобы при помощи комплекса определённых действий, таких как мозговые штурмы, интервью и опросы, найти способ определения верного решения. Зиждётся метод том, что некоторая группа независимых экспертов гораздо лучше может оценить и предсказать результат, нежели структурированная группа людей. Беря во внимание и то, что независимые эксперты могут даже не знать друг о друге, можно исключить столкновение различных позиций, а также коллективное влияние, обусловленное совместной работой и конформизмом. Плюс к этому, метод может осуществляться где угодно, независимо от места нахождения участников.

В процессе использования Дельфийского метода принимают участие две группы людей.

Первая группа – это эксперты, представляющие свою точку зрения на исследуемую проблему.

Вторая группа – это аналитики, приводящие мнения экспертов к единому знаменателю.

Сам же метод Дельфи подразумевает несколько этапов. Всего различают три этапа – это предварительный этап, основной этап и аналитический этап.

Предварительный этап. На первом этапе производится подбор экспертной группы. В неё может входить любое количество человек, однако рекомендуется формировать группу из 20 человек и не более.

Основной этап. На втором этапе выполняются следующие шаги:

1. Ставится проблема – эксперты получают основной вопрос, а их задачей является разбиение его на несколько более мелких. Аналитики производят отбор самых распространённых вопросов и составляют общий опросник.

2. Полученный опросник вновь представляется экспертам. Они должны сообщить, следует ли ещё что-то добавить, хватает ли дан-

ных, нет ли какой-то дополнительной информации по проблеме. Таким образом, получается 20 ответов (зависит от количества экспертов) с подробной информацией. Аналитики составляют ещё один опросник.

3. Новый опросник снова предоставляется экспертам. Теперь им нужно предложить свои способы решения проблемы и изучить альтернативные позиции остальных экспертов. Здесь производится оценка эффективности, наличия ресурсов, актуальности способов решения. Аналитики выделяют основные мнения экспертов и стараются их сблизить. Если чьи-то мнения идут в разрез с мнением большинства, эти мнения озвучиваются экспертам. В итоге, эксперты могут изменить свои позиции, после чего данный шаг снова повторяется.

4. Шаги повторяются снова и снова до тех пор, пока эксперты не придут к консенсусу, и не будет установлено единого мнения. А исследование аналитиками расхождений во мнениях членов экспертной группы может указать на незамеченные до этого тонкости проблемы. В конце концов, выносится общая оценка, и составляются практические рекомендации по решению проблемы.

Аналитический этап. И уже на третьем этапе проверяется согласованность мнений экспертов, анализируются полученные выводы и разрабатываются окончательные рекомендации.

Наряду с представленной структурой Дельфийского метода, существуют и другие модификации. Самая распространённая из них включает в себя бесструктурный этап. Используется данная модификация в том случае, если исследование направлено на поиск чего-либо конкретного, а организаторы исследования не способны сразу же представить проблему в форме специализированных вопросов. В этом случае уже на этапе формулировки проблемы привлекают экспертную группу.

Другая модификация метода Дельфи направлена на то, чтобы сократить время, которое будет затрачено на осуществление аналитического этапа – он называется «Экспресс - Дельфи». С учётом того, что традиционный метод со всеми его достоинствами является довольно трудозатратным и требует для своего применения значительного количества времени, экспресс-метод позволяет сохранить все основные элементы методики при том, что всю процедуру можно осуществить в течение нескольких часов, однако требуется специальная техническая база.

Каждый член экспертной группы на протяжении отведённого временного периода находится за компьютером. Все компьютеры объединены одной общей сетью, которая замыкается на руководителе мероприятия. После того как эксперты предлагают свои решения в ускоренном режиме, аналитики точно так же должны как можно быстрее произвести оценки. Огромную роль в этом процессе играет оперативность в обработке и систематизации материала.

Но у метода Эспресс-Дельф есть и один существенный недостаток: если сравнивать его с классическим методом, эксперты не имеют возможности надлежащим образом обдумать поставленную перед ними задачу, а также объективно оценить точки зрения и доводы других участников. Помимо этого, сложность состоит и в предоставлении специального оборудования. По этой причине, специалисты советуют прибегать к применению обычной вариации Дельфийского метода.

Несмотря на удобство применения метода Дельфи и его эффективность, следует отметить и некоторые его недостатки, не учитывать которые нельзя. С самого своего появления, т.е. с начала 60-х годов минувшего столетия, метод Дельфи был подвергнут довольно серьёзной критике. В частности, говорилось о том, что:

1. Организаторы мероприятия обладают чрезмерно большими полномочиями, по сравнению с экспертами, а значит, экспертов можно считать незащищёнными в некотором смысле.

2. Коллективное мнение далеко не во всех случаях является верным.

3. Аналитики отбрасывают креативные решения, имеющие наименьшее количество сторонников, а эти решения могут быть самыми эффективными.

4. Невозможен оперативный анализ, т.к. для осуществления последнего этапа требуется много времени: каждый этап анализа может занимать минимум до 24 часов.

5. Эксперты склонны проявлять конформизм, испытывая желание и стремясь присоединиться к мнению большинства.

6. Организаторы имеют возможность манипулировать экспертной группой.

Представленные недостатки также предлагалось устранить при помощи следующих средств:

1. Организаторы должны подбираться из различных структур и относиться к разным социальным и научным направлениям.

2. Одну и ту же проблем нужно прогонять через разные группы.
3. Необходимо учитывать даже самые альтернативные и креативные варианты решения проблемы, хотя бы в качестве дополнения.

Морфологические методы

Основная идея морфологического подхода - систематически находить наибольшее число, а в пределе - все возможные варианты рассматриваемого решения или реализации системы путем комбинирования основных структурных элементов системы или их признаков. Система или задача может разбиваться на части разными способами и рассматриваться в различных аспектах.

Морфологический подход, или метод Ф. Цвикки, предполагает:

--равный интерес ко всем объектам морфологического моделирования;

- ликвидацию всех оценок и ограничений до тех пор, пока не будет получена полная структура исследуемой области;

- максимально точную формулировку поставленной проблемы.

Ф.Цвикки предложил отдельные способы морфологического моделирования:

- метод систематического покрытия поля (МСПП);

- метод отрицания и конструирования (МОК);

- метод морфологического ящика (ММЯ);

- метод экстремальных ситуаций (МЭС);

- метод сопоставления совершенного с дефектным (МССД);

- метод обобщения (МО).

Наиболее распространены первые три метода.

Метод систематического покрытия поля предполагает, что существует некоторое число "опорных пунктов" знания в любой исследуемой области. Этими пунктами могут быть теоретические положения, эмпирические факты, известные компоненты системы, открытые законы, в соответствии с которыми протекают процессы и т.п. Исходя из ограниченного числа опорных пунктов знания и принципов мышления ищут возможные варианты решения поставленной проблемы.

Метод отрицания и конструирования (МОК) основывается на следующем: "На пути конструктивного прогресса лежат догмы и компромиссные или диктаторские ограничения. Следовательно, есть смысл их отрицать. Однако одного этого недостаточно. То, что полу-

чается из отрицания, необходимо конструктивно переработать". МОК реализуется тремя этапами:

- 1) формирование ряда высказываний (положений, утверждений, аксиом и т. п.);
- 2) замена одного, нескольких или всех сформулированных высказываний на противоположные;
- 3) построение всевозможных следствий, вытекающих из такого отрицания и проверка непротиворечивости вновь полученных и оставшихся неизменными высказываний.

МОК реализуется в форме одного из методов мозговой атаки - метода "судов".

Метод морфологического ящика основан на формировании и анализе морфологической таблицы - морфологического ящика (МЯ). Построение и исследование МЯ проводится в пять этапов.

Этап 1. Формулировка поставленной проблемы.

Этап 2. Определение классификационных признаков (параметров) P_n , от которых зависит решение проблемы (набор P_n может уточняться по мере получения сведений об исследуемом объекте).

Этап-3.1 Формирование классификаторов по выбранным признакам P_n , т.е. деление параметров P_n на их значения P_n^{ki} и представление их в виде матриц-строк, как это показано, например, на рис. 56.

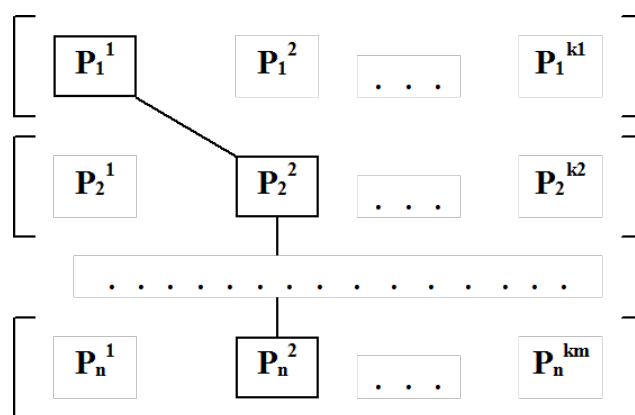


Рис. 56

Набор значений (по одному из каждой строки) различных параметров представляет собой возможный вариант решения моделируемой задачи, например $\langle P_1^1, P_2^2, \dots, P_n^2 \rangle$, общее число вариантов в МЯ - $R = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_i \cdot \dots \cdot k_n$, где k_i , ($i=1,2,\dots,m$) - число значений i -го параметра;

Этап 4. Оценка всех имеющихся в МЯ вариантов.

Этап 5. Выбор наилучшего варианта решения задачи.

Идею поиска наилучшего варианта следует классифицировать как ограниченный перебор, который с самого начала сокращается благодаря формированию МЯ, затем область выбора решения ограничивается в результате исключения явно неприемлемых вариантов. Дальнейшее ограничение области возможных решений можно организовать путем введения и учета количественных, а затем и качественных критериев.

На рис. 57 приведены возможные пути выбора решений из МЯ.

Последний вариант (рис. 57, в) может дать несколько решений. Для уменьшения вариантов решения следует ввести дополнительные критерии.

МЯ могут быть трехмерными и большей размерности.

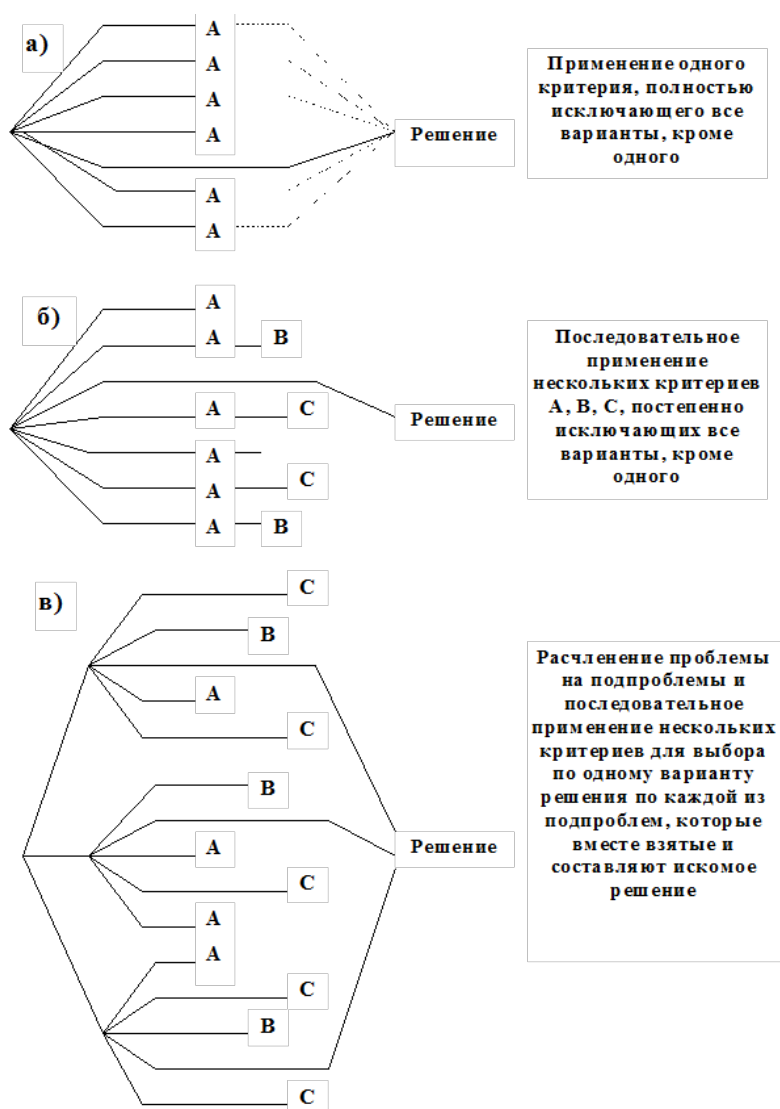


Рис. 57

Вопросы и задания

1. Дайте общую характеристику методов экспертных оценок. Расскажите общий алгоритм решения проблем методами экспертных оценок. Приведите классификацию методов экспертных оценок.

2. Расскажите о группе методов «мозговой штурм». Опишите общий алгоритм решения проблем с помощью этих групп методов. Назовите плюсы и минусы. Приведите пример.

3. Расскажите о группе методов сценариев. Опишите общий алгоритм решения проблем с помощью этих групп методов. Назовите плюсы и минусы. Приведите пример.

4. Расскажите о методе Дельфи. Опишите процедуры решения проблем с помощью метода Дельфи. Приведите пример.

5. Расскажите о группе методов «дерево целей». Опишите общий алгоритм решения проблем с помощью этих групп методов. Назовите плюсы и минусы. Приведите пример.

6. Опишите этапы решения проблем с помощью морфологических методов. Проиллюстрируйте свой ответ примером.

7. Организуйте мозговой штурм для решения следующей проблемы. Железорудный концентрат, перевозимый на судах с несекционированными трюмами, даже при незначительной качке ведет себя как жидкость. Такая масса причиняет много хлопот: при кренах перетекает от одного борта к другому, создавая угрозу переворачивания. Предложите варианты устранения этого недостатка.

8. Организуйте мозговой штурм для решения следующей проблемы. Чтобы покинуть необитаемый остров, на котором он оказался в результате кораблекрушения, Робинзон месяц рубил огромное дерево. Еще несколько месяцев ушло на то, чтобы выдолбить из этого дерева лодку. Все это время Робинзон отгонял от себя мысль: а как же спустить эту лодку на воду? Когда же лодка была готова - а получилась она такая большая и надежная, что на ней смело можно было пускаться в плавание через океан - отгонять этот вопрос было уже некуда. Попытки сдвинуть лодку с места оказались безуспешными. Робинзон попробовал сделать "наоборот" - подвести к лодке воду. Но прикинул объем работы и отказался от этой попытки.

9. Организуйте мозговой штурм для решения следующей проблемы. Вы идете по берегу моря и замечаете наполовину торчащую из песка бутылку причудливой точки. Вы поднимаете и открываете ее.

Из бутылки исходит легкий туман, который превращается в сказочного джина. Он дарует вам право выбора.

- Вариант первый: Вы получаете пять дополнительных лет жизни при условии, что жизнь другого человека, выбранного наугад, сократится на пять лет. Хотите ли вы продлить свою жизнь на таких условиях?

- Вариант второй: Вы можете получить двадцать тысяч долларов, если согласитесь нанести татуировку размером с долларовую купюру. Возьмете ли вы эти деньги?

- Вариант третий: Когда вы проснетесь завтра утром, вы сможете приобрести новое качество или умение.

Что вы выберете?

10. Разработайте оптимистический, пессимистический и реалистический сценарий вашего обучения в университете. Обоснуйте свои выводы.

11. Построить дерево целей для решения следующих проблем:

а) Проектирование учебного центра.

б) Выбор учебного заведения.

в) Успешная сдача экзамена.

г) Встреча Нового года.

д) Ремонт в квартире.

12. Методом Дельфи решить проблему. Допустим, нефтяная компания планирует заменить водолазов, проверяющих платформы под водой, роботами. Нужно оценить целесообразность такой замены.

13. Методом Дельфи требуется оценить качество продукции колбасы. При этом просят выставить оценку по 10 балльной шкале. Результаты голосования оказались следующие:

Номер эксперта	Самооценка	Оценка	Комментарий
1	4	8	Вкусно!
2	10	3	Соей пахнет =(
3	7	5	Сала много.
4	8	9	Классная колбаса! Всегда беру
5	6	7	Средненько.
6	4	8	Неплохая, вкусная колбаска.

14. Методом морфологического ящика разработать решение для производства аккумуляторов.

15. Предположим, вы владелец бизнеса или только планируете его создать. Как метод морфологического ящика может вам помочь?

Тема 6. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ. ИМИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

Вопросы, рассматриваемые при изучении темы

1. Метод парных сравнений.
2. Метод последовательных сравнений.
3. Метод взвешивания экспертных оценок.
4. Метод предпочтения.
5. Метод ранга.
6. Метод полного попарного сопоставления.
7. Ранжирование проектов методом парных сравнений.
8. Ранжирование критериев по их важности методом Перстоуна.
9. Поиск наилучшей альтернативы на основе принципа Кондорсе.
10. Поиск результирующего ранжирования на основе Кемени-Снелла.
11. Имитационные методы. Метод Монте – Карло.

Краткое содержание темы

Метод парных сравнений

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

Согласно методу осуществляются парные сравнения целей во всех возможных сочетаниях. В каждой паре выделяется наиболее предпочтительная цель. И это предпочтение выражается с помощью оценки по какой-либо шкале. Обработка матрицы оценок позволяет найти веса целей, характеризующие их относительную важность.

Одна из возможных модификаций метода состоит в следующем:

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

Пример. Эксперт проводит оценку 4-х целей, которые связаны с решением транспортной проблемы:

- Z_1 – построить метрополитен
- Z_2 – приобрести 2-хэтажный автобус

- Z_3 – расширить транспортную сеть
- Z_4 – ввести скоростной трамвай

Составим матрицу бинарных предпочтений:

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

Определим цену каждой цели (складываем по строкам)

$$C_1 = 3; C_2 = 0; C_3 = 2; C_4 = 1.$$

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

Исковые веса целей.

$$v_1 = 3/6 = 0,5; v_2 = 0; v_3 = 0,33; v_4 = 0,17$$

Проверка: сумма v_i должна равняться 1.

Получаем следовательно порядок предпочтения целей:

Z_1, Z_3, Z_4, Z_2 .

Метод последовательных сравнений

Одна из возможных модификаций метода состоит в следующем:

1. Все цели располагаются в виде массива в порядке убывания их важности и назначаются предварительные оценки целей. При этом первая цель массива получает оценку 100, а остальным целям ставятся в соответствие оценки, отражающие их важность.

2. Первая цель массива сравнивается со всеми возможными комбинациями ниже стоящих целей по 2. В случае необходимости оценка первой цели корректируется. Вторая цель массива сравнивается со всеми возможными комбинациями ниже стоящих целей по 2. В случае необходимости оценка 2-ой цели корректируется и т.д.

3. Производится запись скорректированных оценок и расчет на их основе весов целей.

Пример. Эксперт проводит оценку 4-х целей, которые связаны с решением транспортной проблемы.

Расположим цели в виде массива и назначим предварительные оценки Z_1, Z_3, Z_4, Z_2 (я расположил это по интуиции). Выставляем баллы: $p_1 = 100, p_3 = 60, p_4 = 40, p_2 = 10$

Выполним сравнение целей и корректировку их оценок

$Z_1(Z_3 \wp Z_4)$

$Z_1(Z_3 \wp Z_2)$

$Z_1(Z_4 \wp Z_2)$

$Z_3(Z_4 \wp Z_2)$

(т.е. цель Z_1 сравниваем с комбинацией Z_3 и Z_4)...

Я считаю, что построить метрополитен лучше, чем 3 и 4, но 3+4 дают 100, поэтому корректируем оценки: $p_1 = 125; p_3 = 60;$

Запишем скорректированные оценки и вычислим веса целей:

$p_1 = 125; p_3 = 60; p_4 = 40; p_2 = 10;$

$v_1 = 125/\text{сумма всех оценок} = 0,54; v_3 = 0,25; v_4 = 0,17; v_2 = 0,04,$
сумма v_i должна равняться 1.

Получаем следовательно порядок предпочтения целей:

Z_1, Z_3, Z_4, Z_2

Метод взвешивания экспертных оценок

Постановка задачи. Пусть имеется m Экспертов: $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_m,$ которые характеризуются оценками компетентности: $R_1, R_2, \dots, R_m.$ Каждый эксперт независимо от других экспертов проводит оценку целей. $Z_1, Z_2, \dots, Z_n.$ В результате m независимых экспертиз получена матрица весов целей $V_p:$

\mathcal{E}_i/Z_i	Z_1	Z_2	...	Z_n
\mathcal{E}_1	ϑ_{11}	ϑ_{12}	...	ϑ_{1n}
\mathcal{E}_2	ϑ_{21}	ϑ_{22}	...	ϑ_{2n}
...
\mathcal{E}_m	ϑ_m	ϑ_m	...	ϑ_m
	1	2	...	n

Компетентность экспертов зависит от множества факторов:

- занимаемой должности;
- ученой степени;
- ученого звания;
- опыта практической работы;
- числа научных трудов;
- знания достижений науки и техники;
- понимания проблем и перспектив развития и др.

Если учитывать только 2 первых фактора, то можно предложить матрицу оценок компетентности экспертов.

Занимаемая должность	(R _j)			
	специалист без степени	кандидат наук	доктор наук	академик
Ведущий инженер	1	–	–	–
С.Н.С., Н.С., М.Н.С.	1	1,5	–	–
Гл. Н.С., вед. Н.С.	–	2,25	3	–
Зав. лабораторией, сектором	2	3	4	6
Зав. отделом, заместитель	2,5	3,75	5	7,5
Руководитель комплекса, отделения	3	4,5	6	9
Директор, заместитель	4	6	8	12

Рассмотрим методику оценки компетентности экспертов, которая базируется на применении формул:

$$R_1 = (0,1 \cdot R_u + R_a) / 2,$$

R_u и R_a – коэффициенты информированности и аргументированности эксперта по решаемой проблеме. Коэффициент R_u определяется на основе самооценки эксперта по решаемой проблеме.

- $R_u = 0$ – эксперт совсем не знает проблемы;
- $R_u = 1/3$ – эксперт поверхностно знаком с проблемой, но она ходит вокруг его интересов;
- $R_u = 4/6$ – эксперт знаком с проблемой, но не принимает непосредственное участие в ее решении;

- $R_u = 7/9$ – эксперт знаком с проблемой и принимает непосредственное участие в ее решении;
- $R_u = 10$ – эксперт отлично знает проблему.

R_u определяется в результате суммирования баллов по отметкам эксперта в следующей таблице:

Источники аргументаций	Степень влияния источника на ваше мнение		
	высокая	средняя	низкая
Проведенный вами теоретический анализ	0,3	0,2	0,1
Ваш производственный опыт	0,5	0,4	0,2
Обобщение работ отечественных авторов	0,05	0,05	0,05
Обобщение работ зарубежных авторов	0,05	0,05	0,05
Ваше личное знакомство с состоянием дел за рубежом	0,05	0,05	0,05
Ваша интуиция	0,05	0,05	0,05

Составляется модифицированная матрица предпочтений. С оценками

$$K_{ji} = n - k_{ji} \quad (j=1,m, i=1,n)$$

Находятся суммарные оценки предпочтений по каждой цели:

$$K_i = \sum k_{ji} \quad (i=1,n)$$

Вычисляются исходные веса целей:

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

Пример. Два эксперта \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 заводят оценку 4-х целей: Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 . В результате 2-х независимых экспертиз получена матрица весов целей:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
$\mathcal{E}_1(R_1)$	0,5	0	0,33	0,17
$\mathcal{E}_2(R_2)$	0,54	0,04	0,2	0,17

Определим оценки компетентности экспертов, используя таблицу:
 \mathcal{E}_1 (руководитель комплекса, кандидат наук) $\rightarrow R_1 = 4,5$

\mathcal{E}_2 (директор доктор наук) $\rightarrow R_2 = 8$

Вычислим относительные оценки компетентности экспертов:

$$Z_1 = 4,5/12,5 = 0,36, Z_2 = 8/12,5 = 0,64$$

Найдем искомые веса целей:

$$\omega_1 = 0,5 \cdot 0,36 + 0,54 \cdot 0,64 = 0,53, \quad \omega_2 = \dots = 0,02, \quad \omega_3 = \dots = 0,28, \\ \omega_4 = \dots = 0,17.$$

Где сумма ω_i должна быть равна 1.

Получаем следовательно предпочтения целей:

$$Z_1, Z_3, Z_4, Z_2$$

Метод предпочтения

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

1. Составляется исходная матрица предпочтений

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

2. $1 \leq k_{ij} \leq n$ ($j=1, m, i=1, n$)

3. Составляется модифицированная матрица предпочтений. С оценками

$$K_{ji} = n - k_{ji} \quad (j=1, m, i=1, n)$$

4. Находятся суммарные оценки предпочтений по каждой цели:

$$K_i = \sum k_{ji} \quad (i=1, n)$$

5. Вычисляются исходные веса целей

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

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

1. Исходная матрица предпочтений:

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

2. Модифицированная матрица предпочтения:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
\mathcal{E}_1	5	3	4	0	1	2
\mathcal{E}_2	4	2	5	1	0	3

3. Суммарные оценки предпочтения:

$$K_1 = 9; K_2 = 5; K_3 = 9; K_4 = 1; K_5 = 1; K_6 = 5;$$

4. Искомые веса целей:

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

Метод ранга

Пусть имеется m экспертов $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_m$ и n целей Z_1, Z_2, \dots, Z_n . Каждый эксперт проводит оценку целей, пользуясь 10-бальной шкалой, причем оценки могут быть как целыми, так и дробными. В этих условиях веса целей определяются следующим образом:

1. Составляется матрица оценок экспертов:

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

2. $0 \leq p_{ji} \leq 10$ ($j=1, m, i=1, n$)

3. Составляется матрица нормированных оценок:

$$\omega = p_{ji} / \sum p_{ji} \quad (j=1, m, i=1, n).$$

4. Вычисляются искомые веса целей:

$$\omega_i = \sum \omega_{ij} / \sum \sum \omega_{ij} \quad (i=1, n, \sum \omega_i = 1).$$

Пример. Найдем веса целей для случая $m = 2$ и $n = 6$

1. Матрица оценок экспертов:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
\mathcal{E}_1	10	7	9	3	4	5
\mathcal{E}_2	8	6	10	4	2	7

2. Матрица нормированных оценок:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
\mathcal{E}_1	10/38	7/38	9/38	3/38	4/38	5/38
\mathcal{E}_2	8/37	6/37	10/37	4/37	2/37	7/37

3. Искомые веса целей:

$$\omega_1 = (10/38 + 8/37)/2 = 0,239; \quad \omega_2 = \dots = 0,173; \quad \omega_3 = \dots = 0,254$$
$$\omega_4 = \dots = 0,093; \quad \omega_5 = \dots = 0,079; \quad \omega_6 = \dots = 0,16.$$

Метод полного попарного сопоставления

Постановка задачи: пусть имеется m экспертов $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_m$ и n целей Z_1, Z_2, \dots, Z_n . Каждый эксперт проводит попарное сопоставление целей в прямом и обратном направлениях, формируя матрицу частот, превалирования целей друг над другом, причем общее число суждений эксперта определяется формулой. В прямом и обратном направлениях, т.е. заполняем не только наддиагональную часть. Это более точный метод. В этих условиях веса целей определяются следующим образом:

1. Формируются матрицы частот (каждый эксперт заполняет свою матрицу). Смысл частот: характеризуют предпочтение одной цели перед другой

\mathcal{E}_j	Z_1	Z_2	...	Z_n
Z_1		$f(z_1/z_2)_j$...	$f(z_1/z_n)_j$
Z_2	$f(z_2/z_1)_j$...	$f(z_2/z_n)_j$
...
Z_n	$f(z_n/z_1)_j$	$f(z_n/z_2)_j$...	

2. Определяются оценки предпочтений:

$$\vartheta_{kj} = f_{ki}/N, \text{ для всех } (k=1, n, j=1, m)$$

Сначала задаем j и т.д.

3. Определяются нормированные оценки

$$f_{kj} = \sum (Z_k/Z_l)_j \quad (l \neq k, k=1, n, j=1, m)$$

4. Вычисляются искомые веса целей:

$$\omega_k = \sum \vartheta_{kj} / \sum \sum \vartheta_{kj} \quad (k=1, n), \text{ где } \sum \omega_k = 1$$

Пример. Найдем веса целей методом полного попарного сопоставления для случая $m = 2$ и $n = 6$ размер шкалы 30 (т.е. в 29 случаях из 30 предпочтение отдается Z_1). Можно корректировать оценки экспертов, т.е. $Z_1 > Z_2 + Z_2$ и $Z_1 = 1$.

1. Оценки эксперта \mathcal{E}_1 :

\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
Z_1		29/30	27/30	1	1	29/30
Z_2	1/30		1/30	1	29/30	21/30
Z_3	3/30	28/30		1	29/30	29/30
Z_4	0	1/30	1/30		1/30	0
Z_5	1/30	0	1/30	23/30		1/30
Z_6	1/30	4/30	1/30	1	28/30	

2. Оценки эксперта Э₂:

Э ₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆
Z ₁		28/30	1/30	29/30	1	26/30
Z ₂	1/30		0	29/30	29/30	2/30
Z ₃	1	1		1	1	29/30
Z ₄	1/30	0	0		27/30	1/30
Z ₅	0	1/30	1/30	2/30		0
Z ₆	5/30	29/30	1/30	29/30	1	

3. Оценки предпочтений:

$$f_{11} = 145/30, \quad f_{12} = 114/30, \quad f_{21} = 88/30, \quad f_{22} = 61/30, \quad f_{31} = 119/30, \\ f_{32} = 149/30,$$

$$f_{41} = 3/30, \quad f_{42} = 29/30, \quad f_{51} = 32/30, \quad f_{52} = 4/30, \quad f_{61} = 64/30, \quad f_{62} = 94/30.$$

4. Нормированные оценки:

$$N = 6 \cdot 5 = 30,$$

$$V_{11} = 145/30/30; \quad V_{12} = 114/30/30, \quad V_{21} = 88/30/30; \quad V_{22} = 61/30/30, \\ V_{31} = 119/30/30; \quad V_{32} = 149/30/30, \quad V_{41} = 3/30/30; \quad V_{42} = 29/30/30 \\ V_{51} = 32/30/30; \quad V_{52} = 4/30/30, \quad V_{61} = 64/30/30; \quad V_{62} = 94/30/30.$$

5. Искомые веса целей:

$$\omega_1 = (145/900 + 114/900)/(902/900) = 0,287, \quad \omega_2 = \dots = 0,165, \\ \omega_3 = \dots = 0,297, \\ \omega_4 = \dots = 0,035, \quad \omega_5 = \dots = 0,04, \quad \omega_6 = \dots = 0,175.$$

Ранжирование проектов методом парных сравнений

Пусть имеется m экспертов Э₁, Э₂, ..., Э_m и n проектов P₁, P₂, ..., P_n, подлежащих оценке. Для определенности будем считать, что 4 эксперта оценивают важность 4-х проектов P₁, P₂, P₃, P₄. Рассмотрим метод экспертных оценок, позволяющий ранжировать проекты по их важности:

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

{Э _j }	π ₁ ⇔ π ₂		π ₁ ⇔ π ₃		π ₁ ⇔ π ₄		π ₂ ⇔ π ₃		π ₂ ⇔ π ₄		π ₃ ⇔ π ₄	
Э ₁	0,4	0,6	0,65	0,35	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,3	0,6	0,4
Э ₂	0,3	0,7	0,55	0,45	0,6	0,4	0,7	0,3	0,6	0,4	0,6	0,4
Э ₃	0,4	0,6	0,5	0,5	0,7	0,3	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5
Э ₄	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,7	0,3	0,7	0,3
Σ	1,6	2,4	2,2	1,8	2,4	1,6	2,4	1,6	2,6	1,4	2,4	1,6

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

$$f^{(1)} = 1,6 + 2,2 + 2,4 = 6,2, \quad f^{(2)} = 2,4 + 2,4 + 2,6 = 7,4,$$

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

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

3. Вычисляются веса проектов:

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

4. Полученные веса позволяют ранжировать проекты по их важности.

P_1, P_2, P_3, P_4 – результат решения. Реально применяется система реального времени (самолеты).

Ранжирование критериев по их важности методом Перстоуна

Пусть имеется m экспертов $Э_1, Э_2, \dots, Э_m$ и n критериев K_1, K_2, \dots, K_n , подлежащих оценке. Для определенности будем считать, что 10 экспертов оценивают важность 4-х критериев K_1, K_2, K_3, K_4 . Рассмотрим метод экспертных оценок, позволяющий ранжировать критерии по их важности.

1. Эксперты оценивают важность критериев, пользуясь числами натурального ряда, т.е. 1-ый эксперт считает, что критерий K_3 наиболее важен (т.е. получили частное ранжирование):

$\{\Theta_j\}$	$\{K_i\}$			
	K_1	K_2	K_3	K_4
Θ_1	3	2	1	4
Θ_2	1	2	3	4
Θ_3	3	1	2	4
Θ_4	1	2	3	4
Θ_5	3	1	2	4
Θ_6	3	1	2	4
Θ_7	3	2	4	1
Θ_8	3	4	1	2
Θ_9	2	4	1	3
Θ_{10}	2	1	3	4

2. Находятся частоты f_{ik} , характеризующие предпочтение критериев в парных сравнениях:

f_{ik}	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1		0,4	0,4	0,8
K_2	0,6		0,7	0,7
K_3	0,6	0,3		0,9
K_4	0,2	0,3	0,1	

3. Получаем: берем оценки, характеризующие K_1 и K_2 . Считаем, сколько раз K_1 был предпочтительнее K_2 , т.е. из 10 случаев в 4-х, следовательно $4/10 = 0,4$

$$4. D_{cj} = \sum (C_{jk} - C_k^{\wedge})^2 / (n - 1), (j=1, m),$$

$$D_{ck} = \sum (C_{jk} - C_k^{\wedge})^2 / (m - 1), (k=1, n),$$

где $C_k^{\wedge} = \sum C_{jk} / n$ есть коллективная оценка K -того варианта системы. Дисперсия. D_{cj} дает информацию о близости суждений каждо-

го отдельного эксперта коллективным суждениям группы экспертов, а дисперсия D_{ck} характеризует степень согласованности группы экспертов при оценке K -того варианта системы.

5. Выявляются аномальные значения дисперсий D_{cj} и D_{ck} . При достаточно больших дисперсиях D_{cj} соответствующим экспертам представляется возможность защищать свою точку зрения. Анализируются причины, которые приводят к возрастанию дисперсий D_{ck} . Если значения дисперсий удовлетворяют организаторов экспертизы, то выбирается рациональный вариант системы. В противном случае производится уточнение и дополнение исходных данных с повторением этапов 1-5.

6. Осуществляется переход от частот f_{ik} к шкальным оценкам X_{ik} на основе уравнения:

$$f_{ik} = \Phi(X_{ik}) \quad (i, k \in 1, 4),$$

где $\Phi(X_{ik}) = (1/(2 \cdot \pi)) \cdot \int_0^{X_{ik}} e^{-t^2/2} dt$ есть интегральная функция Лапласа-Гаусса.

Находим с помощью этой функции по значению функции значение аргумента.

X_{ik}	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1		-0,25	-0,25	0,84
K_2	0,25		0,52	0,52
K_3	0,25	-0,52		1,28
K_4	-0,84	-0,52	-1,28	

7. Вычисляются веса критериев.

K_i	$X_i^{\wedge} = (1/n) \cdot \sum X_{ik}$	$\Phi(X_i^{\wedge})$	ω_i
K_1	0,08	0,53	0,26
K_2	0,32	0,63	0,31
K_3	0,25	0,6	0,3
K_4	-0,66	0,25	0,13

8. Чтобы перейти к положительным числам сумма должна равняться 1.

Полученные веса позволяют ранжировать критерии по их возможности: K_2, K_3, K_1, K_4 . Пример критериев – в самолете – дальность, высота, нагрузка, скорость.

Поиск наилучшей альтернативы на основе принципа Кондорсе

Рассмотрим принцип Кондорсе, базируясь на результатах частных ранжирования альтернатив: a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 .

1. Эксперты осуществляют ранжирование альтернатив:

$\mathcal{E}_1 = (a_1, a_3, a_2, a_5, a_4)$, $\mathcal{E}_2 = (a_1, a_2, a_4, a_3, a_5)$, $\mathcal{E}_3 = (a_1, a_2, a_5, a_3, a_4)$,
 $\mathcal{E}_4 = (a_2, a_3, a_1, a_5, a_4)$, $\mathcal{E}_5 = (a_2, a_4, a_3, a_1, a_5)$.

2. Находятся оценки m_{ik} , характеризующих предпочтение альтернатив в парных предпочтениях

m_{ik}	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
a_1		3	3	4	5
a_2	2		4	5	5
a_3	2	1		3	4
a_4	1	0	2		2
a_5	0	0	1	3	

3. Выполняются проверки согласно принципу Кондорсе: наилучшей является альтернатива a_i , если $m_{ik} \geq m_{ki}$ для всех $k \neq i$.

$K = 4$; $m_{14} \geq m_{41}$; $4 > 1$

– выполняется, т.е. правилу Кондорсе удовлетворяет только альтернатива a_1 .

4. Выбирается альтернатива Кондорсе. Это a_1 .

Поиск результирующего ранжирования на основе Кемени-Снелла

Рассмотрим эвристический алгоритм Кемени-Снелла.

1. Исходя из частных ранжирований определяются матрицы бинарных предпочтений с оценками $p_{ik} = +1$, если K_i предпочтительнее K_k . $p_{ik} = -1$, в противном случае ($p_{ik} = 0$ при несравнимости или равноценности объекта).

Получаем бинарную матрицу, соответствующую ранжированию.

Э₁	К₁	К₂	К₃	К₄
К₁		-1	-1	+1
К₂	+1		-1	+1
К₃	+1	+1		+1
К₄	-1	-1	-1	

2. K_1 сравниваем с K_2 (т.е. K_1 хуже K_2) следовательно -1, так все варианты. Если обе оценки одинаковы, то не существует.

Э₂	К₁	К₂	К₃	К₄
К₁		+1	+1	+1
К₂	-1		+1	+1
К₃	-1	-1		+1
К₄	-1	-1	-1	

3.

Э₃	К₁	К₂	К₃	К₄
К₁		-1	-1	+1
К₂	+1		+1	+1
К₃	+1	-1		+1
К₄	-1	-1	-1	

4.

\mathfrak{A}_4	\mathbf{K}_1	\mathbf{K}_2	\mathbf{K}_3	\mathbf{K}_4
\mathbf{K}_1		+1	+1	+1
\mathbf{K}_2	-1		+1	+1
\mathbf{K}_3	-1	-1		+1
\mathbf{K}_4	-1	-1	-1	

5.

\mathfrak{A}_5	\mathbf{K}_1	\mathbf{K}_2	\mathbf{K}_3	\mathbf{K}_4
\mathbf{K}_1		-1	-1	+1
\mathbf{K}_2	+1		+1	+1
\mathbf{K}_3	+1	-1		+1
\mathbf{K}_4	-1	-1	-1	

6.

\mathfrak{A}_6	\mathbf{K}_1	\mathbf{K}_2	\mathbf{K}_3	\mathbf{K}_4
\mathbf{K}_1		-1	-1	+1
\mathbf{K}_2	+1		+1	+1
\mathbf{K}_3	+1	-1		+1
\mathbf{K}_4	-1	-1	-1	

7.

\mathfrak{A}_7	\mathbf{K}_1	\mathbf{K}_2	\mathbf{K}_3	\mathbf{K}_4
\mathbf{K}_1		-1	+1	-1
\mathbf{K}_2	+1		+1	-1
\mathbf{K}_3	-1	-1		-1
\mathbf{K}_4	+1	+1	+1	

8.

\mathcal{E}_8	\mathbf{K}_1	\mathbf{K}_2	\mathbf{K}_3	\mathbf{K}_4
\mathbf{K}_1		+1	-1	-1
\mathbf{K}_2	-1		-1	-1
\mathbf{K}_3	+1	+1		+1
\mathbf{K}_4	+1	+1	-1	

9.

\mathcal{E}_9	\mathbf{K}_1	\mathbf{K}_2	\mathbf{K}_3	\mathbf{K}_4
\mathbf{K}_1		+1	-1	+1
\mathbf{K}_2	-1		-1	-1
\mathbf{K}_3	+1	+1		+1
\mathbf{K}_4	-1	+1	-1	

10.

\mathcal{E}_{10}	\mathbf{K}_1	\mathbf{K}_2	\mathbf{K}_3	\mathbf{K}_4
\mathbf{K}_1		-1	+1	-1
\mathbf{K}_2	+1		+1	+1
\mathbf{K}_3	-1	-1		+1
\mathbf{K}_4	?	?	?	

11. Определяется матрица потерь с оценками, т.е. мы переходим от 10 матриц к одной

12. Выполняется обработка матрицы потерь. Пытаемся найти суммы оценок по строчкам:

$$\sum_1 = 28; \sum_2 = 20; \sum_3 = 24; \sum_4 = 48.$$

Находим минимальное число; это 20, следовательно \mathbf{K}_2 исключается из матрицы потерь (перечеркнем все, что связано с \mathbf{K}_2 в матрице потерь).

Все повторяем:

$$\sum_1 = 16; \sum_3 = 10; \sum_4 = 34. \sum_+ = 4; \sum_4 = 16.$$

Из матрицы потерь сначала исключается K_3 , затем K_1 .

13. Находится искомое результирующее ранжирование:

K_1, K_2, K_3, K_4 .

Недостаток: у нас нет весов (в этом алгоритме). В МРТИ есть программа по этому методу.

Выбор рациональной структуры системы методом экспертных оценок

Рассмотрим метод экспертных оценок, который предполагает использование m экспертов $\mathcal{E}_1, \dots, \mathcal{E}_m$, выполняющих оценку n конкурирующих вариантов в системе. B_1, B_2, \dots, B_n .

1. Составляется матрица взаимных оценок компетентности экспертов:

$\mathcal{E}_j/\mathcal{E}_j$	\mathcal{E}_1	\mathcal{E}_2	...	\mathcal{E}_m
\mathcal{E}_1		R_{12}	...	R_{1m}
\mathcal{E}_2	R_{21}		...	R_{2m}
...
\mathcal{E}_m	R_{m1}	R_{m2}	...	

2. На основе полученной матрицы вычисляется ряд характеристик:

а) оценки компетентности экспертов:

$$r_j = \sum R_{ij} / \sum \sum R_{ij} \quad (j=1, m), \text{ где } 1 \geq r_j \geq 0.$$

б) дисперсии оценок экспертов:

$$D_{R_i} = \sum (R_{ij} - R_j^{\wedge})^2 / (m - 2) \quad (i=1, m),$$

$$D_{R_j} = \sum (R_{ij} - R_j^{\wedge})^2 / (m - 2) \quad (j=1, m),$$

где $R_j^{\wedge} = \sum R_{ij} / (m - 1)$ есть коллективная оценка компетентности \mathcal{E}_j эксперта.

Дисперсия D_{R_i} дает информацию о близости суждений каждого отдельного эксперта коллективным суждениям группы экспертов. А дисперсия D_{R_j} характеризует степень согласованности группы экспертов при оценке компетентности \mathcal{E}_j эксперта.

3. Составляется матрица оценок конкурирующих вариантов системы:

\mathcal{E}_j/B_R	B_1	B_2	...	B_n
$\mathcal{E}_1(Z_1)$	C_{11}	C_{12}	...	C_{1n}
$\mathcal{E}_2(Z_2)$	C_{21}	C_{22}	...	C_{2n}
...
$\mathcal{E}_m(Z_m)$	C_{m1}	C_{m2}	...	C_{mn}

4. На основе полученной матрицы вычисляется ряд характеристик:

1. Коэффициенты предпочтительности вариантов:

$C_k = \sum C_{jk} \cdot Z_j / (\sum \sum C_j \cdot Z_j)$ ($k=1, n, 0 \leq C_k \leq 1$) т.е. это важнейшая характеристика.

2. Дисперсии оценок вариантов (представим основные результаты экспертизы в табличной форме):

$\{\mathcal{E}_j\}$	Z_j	$\{B_k\}$						\mathcal{E}_{cj}
		B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	
\mathcal{E}_1	0,18	3	8	10	9	7	5	0,3
\mathcal{E}_2	0,16	2	7	9	10	8	4	0,46
\mathcal{E}_3	0,19	3	8	10	9	7	4	0,46
\mathcal{E}_4	0,14	2	8	10	9	7	4	0,58
\mathcal{E}_5	0,09	2	7	10	9	8	5	0,22
\mathcal{E}_6	0,12	2	7	9	10	8	5	0,3
\mathcal{E}_7	0,05	4	7	9	10	8	5	0,46
\mathcal{E}_8	0,01	3	6	10	9	8	5	0,38
\mathcal{E}_9	0,02	3	7	10	9	8	6	0,34
\mathcal{E}_{10}	0,04	4	7	9	10	8	6	0,7

10-го эксперта в следующий раз не пригласим. Анализ проведенных данных позволяет сделать вывод: в качестве рационального варианта системы рационально выбрать вариант В₃.

Энтропийная оценка согласованности экспертов

Постановка задачи: пусть имеется m экспертов $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_m$, которые проводят оценку n -целей Z_1, Z_2, \dots, Z_n , пользуясь какой-либо шкалой порядка, например, 10-тибальной шкалой. По результатам экспертизы необходимо найти:

1. Коллективные экспертные оценки, позволяющие выбрать наиболее предпочтительный вариант.
2. Оценки согласованности экспертов, подтверждающие достоверность коллективных экспертных оценок.

Для оценки согласованности экспертов целесообразно использовать энтропийный коэффициент согласия.

$$E = 1 - H/H_{\max} = 1 - H/(n \cdot \log_2(n)) \quad E \in [0,1].$$

Здесь

$$H = -\sum \sum p_{ij} \cdot \log_2(p_{ij}),$$

где P_{ij} – это оценка вероятностей, вычисляемая как отношение числа одинаковых рангов по Z_i цели к числу экспертов m . Согласно формуле мы видим, что энтропийный коэффициент согласия может принимать 2 крайних значения. 0 – полная несогласованность эксперта, $H = H_{\max}$, 1 – полная согласованность эксперта, $H = 0$ (энтропия). Вычислим энтропийный коэффициент согласия, базируясь на результатах экспертизы раздела 2.13 (в обратном порядке). Определим матрицу оценок вероятностей:

	0,4	0,3	0,6	0,6	0,3	0,5
$[P_{ij}] =$	0,4	0,6	0,4	0,4	0,7	0,3
	0,2	0,1				0,3

2 встречается 4 раза в 10 случаях. Найдем энтропию H , используя таблицу значений функции:

$$(P) = -P \cdot \log_2(P),$$

$$H = 7,13.$$

Вычислим искомый коэффициент:

$$E = (1 - 7,13)/(6 \cdot \log_2(6)) = 0,54$$

т.е. согласованность экспертов является вполне приемлимой.

Имитационные методы. Метод Монте – Карло

Метод Монте-Карло (методы Монте – Карло, ММК) – общее название группы численных методов, основанных на получении большого числа реализаций стохастического (случайного) процесса, который формируется таким образом, чтобы его вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинами решаемой задачи.

Многие системы слишком сложны для исследования влияния неопределенности с использованием аналитических методов. Однако такие системы можно исследовать, если рассматривать входные данные в виде случайных переменных, повторяя большое количество вычислений N (итераций), для получения результата с необходимой точностью.

Метод может быть применен в сложных ситуациях, которые трудны для понимания и решения с помощью аналитических методов. Модели систем могут быть разработаны с использованием таблиц и других традиционных методов. Однако существуют и более современные программные средства, удовлетворяющие высоким требованиям, многие из которых относительно недороги. Если модель разрабатывают и применяют впервые, то необходимое для метода Монте-Карло количество итераций может сделать получение результатов очень медленным и трудоемким. Однако современные достижения компьютерной техники и разработка процедур генерации данных по принципу латинского гиперкуба позволяют сделать продолжительность обработки незначительной во многих случаях.

Метод Монте-Карло является способом оценки влияния неопределенности оценки параметров системы в широком диапазоне ситуаций. Метод обычно используют для оценки диапазона изменения результатов и относительной частоты значений в этом диапазоне для количественных величин, таких как стоимость, продолжительность, производительность, спрос и др. Моделирование методом Монте-Карло может быть использовано для двух различных целей:

- трансформирование неопределенности для обычных аналитических моделей;

- расчета вероятностей, если аналитические методы не могут быть использованы.

Метод Монте-Карло может быть применен для оценки неопределенности финансовых прогнозов, результатов инвестиционных проектов, при прогнозировании стоимости и графика выполнения проекта, нарушений бизнес-процесса и замены персонала.

Данный метод применяют в ситуациях, когда результаты не могут быть получены аналитическими методами или существует высокая неопределенность входных или выходных данных.

Входными данными для моделирования методом Монте-Карло являются хорошо проработанная модель системы, информация о типе входных данных, источниках неопределенности и требуемых выходных данных. Входные данные и соответствующую им неопределенность рассматривают в виде случайных переменных с соответствующими распределениями. Часто для этих целей используют равномерные, треугольные, нормальные и логарифмически нормальные распределения.

Процесс включает следующие этапы:

1. Определение модели или алгоритма, которые наиболее точно описывают поведение исследуемой системы.

2. Многократное применение модели с использованием генератора случайных чисел для получения выходных данных модели (моделирование системы). При необходимости моделируют воздействие неопределенности. Модель записывают в форме уравнения, выражающего соотношение между входными и выходными параметрами. Значения, отобранные в качестве входных данных, получают исходя из соответствующих распределений вероятностей, характеризующих неопределенности данных.

3. С помощью компьютера многократно используют модель (часто до 10000 раз) с различными входными данными и получают выходные данные. Они могут быть обработаны с помощью статистических методов для получения оценок среднего, стандартного отклонения, доверительных интервалов.

Выходными данными могут быть значения характеристик, как показано в вышеприведенном примере, или распределение вероятности или частоты отказа, или выходом может быть идентификация ос-

новных функций модели, которые оказывают основное влияние на выходные данные.

Метод Монте-Карло обычно используют для оценки распределения входных или выходных результатов или характеристик распределения, в том числе для оценки:

- вероятности установленных состояний;
- значений выходных величин, для которых установлены границы, соответствующие некоторому уровню доверия, которые не должны быть нарушены.

Анализ взаимосвязи входных и выходных величин может выявить относительное значение факторов работы системы и идентифицировать способы снижения неопределенности выходных величин.

Преимущества ММК.

- Метод может быть адаптирован к любому распределению входных данных, включая эмпирические распределения, построенные на основе наблюдений за соответствующими системами.
- Модели относительно просты для работы и могут быть при необходимости расширены.
- Метод позволяет учесть любые воздействия и взаимосвязи, включая такие тонкие как условные зависимости.
- Для идентификации сильных и слабых влияний может быть применен анализ чувствительности.
- Модели являются понятными, а взаимосвязь между входами и выходами - прозрачной.
- Метод допускает применение эффективных моделей исследования многокомпонентных систем, таких как сеть Петри.
- Метод позволяет достичь требуемой точности результатов.
- Программное обеспечение метода доступно и относительно недорого.

Недостатки

- Точность решений зависит от количества итераций, которые могут быть выполнены (этот недостаток становится менее значимым с увеличением быстродействия компьютера).
- Метод предполагает, что неопределенность данных можно описать известным распределением.

- Большие и сложные модели могут представлять трудности для специалистов по моделированию и затруднять вовлечение заинтересованных сторон.

- Метод не может адекватно моделировать события с очень высокой или очень низкой вероятностью появления, что ограничивает его применение при анализе риска.

Вопросы и задания

1. Сформулируйте этапы принятия решения на основе метода «Монте – Карло».

2. Сформулировать проблему (на выбор студента) и принять решение с помощью метода «Монте – Карло».

3. На примере произвести ранжирование критериев по степени их важности.

4. Из студентов группы сформировать группу экспертов и подсчитать оценку их согласованности.

5. Произвести выборы лидера учебной группы с помощью метода Кондорсе.

6. Решите задачи.

А) Для продвижения товаров и услуг на рынке холдингу необходимо провести дополнительные рекламные мероприятия. Эксперт из отдела сбыта проводит анализ четырех вариантов решения этого вопроса:

1. Создание интернет-магазина.

2. Введение круглосуточного режима работы, увеличение кадров.

3. Открытие еще одного филиала.

4. Усилить рекламу в СМИ.

Оценки эксперта предложенных вариантов приведены в матрице

Z_j	Z_2	Z_4	Z_3	Z_1
p_i	100	65	40	35

где Z_j – цели. Определить наиболее информативный способ расширения и рекламы.

Б) В результате успешной деятельности банка и востребования его услуг руководство стоит перед проблемой организации дальнейшего бесперебойного предоставления услуг населению, расширения, привлечения новых клиентов. Для этого эксперту поручено определить наиболее удачный вариант решения вопроса:

1. Открытие дополнительного филиала в городе.
2. Приобретение здания необходимого размера для перемещения банка и его расширения.
3. Введение круглосуточного режима работы, увеличение кадров. Оценки эксперта предложенных целей приведены в матрице

Z_j	Z_2	Z_3	Z_1
p_i	100	75	30

где Z_j – цели. Определить наилучшую альтернативу.

В) Из федерального и местных бюджетов выделены средства в сферу здравоохранения. Эксперт проводит оценку наиболее нуждающейся и важной сферы медицины для получения субсидий.

1. Замена всего оборудования, отработавшего нормативный срок, на новое.
2. Установка дорогостоящего современного оборудования в специализированных центрах и диспансерах.
3. Открытие поликлиник в густонаселенных микрорайонах.
4. Строительство наркологического центра.

Оценки эксперта предложенных вариантов приведены в матрице:

Z_j	Z_2	Z_3	Z_4	Z_1
p_i	100	68	40	33

где Z_j – цели. Определить наиболее важную цель.

Г) Компания «Проспект» хочет получить максимальную прибыль. Для этого руководство пригласило 3 экспертов, для выбора наилучшей альтернативы из предложенных:

1. Открытие собственного производства.

2. Увеличение затрат на рекламу.
3. Расширение рынка сбыта.
4. Снижение цен с целью увеличения оборота.

Оценки экспертов предложенных альтернатив приведены в матрице:

Z_j	Z_2	Z_3	Z_4	Z_1
p_i	100	72	41	31

где Z_j – альтернативы. Выбрать наилучшую альтернативу.

7. Решите задачи.

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

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

Оценки эксперта предложенных целей приведены в матрице:

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

где Z_j – варианты. Определить способ поощрения.

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

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

Оценки экспертов предложенных вариантов приведены в матрице:

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

где Z_j – варианты. Определить способ поощрения.

В) Руководство университета решило поспособствовать культурному обогащению учащихся. Для этого руководство пригласило 3 экспертов, для выбора наилучшей альтернативы из предложенных:

1. бесплатные билеты в театр;
2. бесплатные билеты на выставку;
3. бесплатные билеты в кино;

Оценки экспертов предложенных вариантов приведены в матрице:

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

где Z_j – предложенные варианты. Осуществить выбор наиболее оптимального решения.

Г) В результате эффективного использования иностранных инвестиций и грамотной политики предприятие получило значительную прибыль. Руководитель и инвесторы утвердили эксперта для решения проблемы выбора объекта, которому будут выделены средства на развитие. Эксперту предложены следующие цели:

1. Строительство ФОК для сотрудников на территории предприятия;
2. Заказ проекта корпоративного сайта;

3. Инвестирование крупного строительного проекта;
Оценки эксперта предложенных целей приведены в матрице

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

где Z_j – проекты. Определить наилучшую альтернативу.

8. Решите задачи.

А) В городе N износ кварталов зданий и памятников составляет уже 40-60 процентов. Однако в бюджете города нет средств на реставрацию всех зданий. Двум экспертам для оценки предлагаются некоторые варианты решения денежной проблемы:

1. Выставить на торги некоторые исторические памятники всем платежеспособным лицам с обязательным условием отремонтировать, содержать и открывать для посетителей.

2. Ввести новый обязательный налог для горожан для накопления средств на ремонт.

3. Закрыть самые ветхие экспонаты и износившиеся здания для посещения.

В результате независимых экспертиз получена матрица весов целей:

\mathcal{E}_j / Z_i	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,6	0,18	0,19
\mathcal{E}_2	0,2	0,7	0,12

Эксперт \mathcal{E}_1 – глава города, стаж работы 3 года. Эксперт \mathcal{E}_2 – директор музея, стаж работы на должности 11 лет. Оценки компетентности $R_1 = 6$, $R_2 = 9$. Выбрать вариант решения проблемы.

Б) В новом спальном районе города планируется на незастроенном месте:

1. Построить парк отдыха с аттракционами для детей.

2. Благоустроить пруд.

3. Сохранить лесной массив.

Выбором проекта занимаются два эксперта: \mathcal{E}_1 – ведущий архитектор градостроительства; \mathcal{E}_2 – специалист охраны труда. Оценки компетентности $R_1 = 7$, $R_2 = 8$. Получена матрица весов целей:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,3	0,6	0,1
\mathcal{E}_2	0,1	0,6	0,3

Рассчитать методом взвешивания экспертных оценок наиболее предпочтительный проект.

В) Для решения проблемы, связанной с невозможностью предоставления жилья иногородним студентам была созвана группа экспертов из 2-х человек.

Предложено несколько альтернатив:

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

Оценки экспертов предложенных альтернатив приведены в матрице весов целей:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,5	0,3	0,2
\mathcal{E}_2	0,3	0,3	0,4

где \mathcal{E}_1 – директор студенческого городка, \mathcal{E}_2 – ректор университета. Определить наилучшую альтернативу, если коэффициенты компетентности R_1 и R_2 равны 5,5 и 8,5 соответственно.

Г) Два эксперта проводят оценку 4-х целей, которые связаны с решением транспортной проблемы в густо заселенном новом районе города N.

1. Построить метрополитен.
2. Приобрести 2-хэтажный автобус.
3. Расширить транспортную сеть.

4. Ввести скоростной трамвай.

В результате проведения экспертизы получена матрица весов целей:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,2	0,14	0,16	0,5
\mathcal{E}_2	0,4	0,25	0,15	0,2

где эксперт \mathcal{E}_1 – главный архитектор города, \mathcal{E}_2 – председатель управления строительства и архитектуры. Оценки компетентности, основанные на стаже работы, равны $R_1 = 8$ и $R_2 = 8,5$. Определить наилучшую альтернативу.

Д) В результате эффективного использования иностранных инвестиций и грамотной политики предприятие получило значительную прибыль. Для решения проблемы выбора объекта, которому будут выделены средства на развитие, выбраны два квалифицированных эксперта. Им предложены следующие цели:

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

Оценки экспертов предложенных альтернатив приведены в матрице весов целей:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,2	0,3	0,5
\mathcal{E}_2	0,3	0,3	0,4

где \mathcal{E}_1 – генеральный директор предприятия, \mathcal{E}_2 – начальник отдела по управлению финансами. Оценки компетентности, основанные на стаже работы, равны $R_1 = 9$ и $R_2 = 8,5$. Выбрать оптимальную цель.

Е) Профицит бюджета города N за первый квартал 2018г. составил 7%. Эксперты проводят исследование для выбора сферы, куда направить дополнительное финансирование. Варианты:

1. Повысить уровень средней заработной платы до запланированного на нынешний год уровня.
 2. Модернизация и технологическое обновление промышленности.
 3. Инвестиционная деятельность.
 4. Создание новых рабочих мест, запланированных к концу года.
- В результате проведения экспертизы получена матрица весов целей:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,2	0,24	0,16	0,4
\mathcal{E}_2	0,4	0,25	0,1	0,25

В качестве экспертов выступают: \mathcal{E}_1 – директор департамента финансов, бюджетной и налоговой политики, \mathcal{E}_2 – глава администрации города. Коэффициенты компетентности, основанные на стаже работы и знания решаемой проблемы, R_1 и R_2 соответственно равны 10,5 и 12. Куда будет направлено дополнительное финансирование?

Ж) В результате успешной деятельности банка руководство стоит перед проблемой организации дальнейшего бесперебойного предоставления услуг населению, расширения, привлечения новых клиентов. Для этого экспертам поручено определить наиболее удачный вариант решения вопроса:

1. Открытие дополнительного филиала в городе.
2. Приобретение здания необходимого размера для перемещения банка и его расширения.
3. Введение круглосуточного режима работы, увеличение кадров.

В результате проведенных исследований получена матрица весов целей:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,5	0,3	0,2
\mathcal{E}_2	0,45	0,25	0,3

где \mathcal{E}_1 – управляющий банком, \mathcal{E}_2 – эксперт из Центрального банка Российской Федерации. Оценки компетентности соответственно равны 9 и 9,5. Определить наилучший вариант решения вопроса расширения для руководства.

3) Группа квалифицированных экспертов проводит оценку четырех вариантов по строительству торгового центра:

1. Достроить одноэтажное неиспользуемое помещение в центральном районе города.

2. Построить новый супермаркет, требующий крупных капиталовложений, с выгодным расположением.

3. Построить супермаркет за чертой города, с небольшими затратами.

4. Построить торговый центр на окраине города, район оснащен развитой транспортной сетью и паркингом.

Оценки экспертов предложенных альтернатив приведены в матрице весов целей

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,3	0,37	0,23	0,1
\mathcal{E}_2	0,15	0,35	0,23	0,27
\mathcal{E}_3	0,21	0,19	0,25	0,15

Эксперты: \mathcal{E}_1 – главный архитектор города; \mathcal{E}_2 – эксперт комитета по градостроительству; \mathcal{E}_3 – руководитель проекта данной строительной компании. Оценки компетентности соответственно равны 9,5, 8,5 и 9. Определить наиболее выгодный план проекта.

9. Решить задачи.

А) Группа экспертов из 3-х человек проводит оценку четырех вариантов по строительству торгового центра:

1. Достроить одноэтажное неиспользуемое помещение в центральном районе города.

2. Построить новый супермаркет, требующий крупных капиталовложений, с выгодным расположением;

3. Построить супермаркет за чертой города, с небольшими затратами.

4. Построить торговый центр на окраине города, район оснащен развитой транспортной сетью и паркингом.

Оценки экспертов приведены в матрице:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	4	2	3	1
\mathcal{E}_2	3	1	4	2
\mathcal{E}_3	1	4	2	3

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – проекты. Найти оптимальный вариант проекта.

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

1. Н - ский автомобильный завод.
2. Н- ский завод холодильников «Н - ск».
3. Кондитерская фабрика «*****».
4. ОАО «****».
5. Предприятие «*****».
6. Швейная фабрика «*****».

Оценки экспертов прибыльности предприятий приведены в матрице:

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

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – проекты. Определить наиболее перспективный объект инвестирования.

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

1. Ликвидировать предприятие.

2. Выставить на продажу.
3. Объявить банкротом.
4. Провести санацию.

Оценки экспертов предложенных вариантов приведены в матрице:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	2	3	4	1
\mathcal{E}_2	3	1	2	4
\mathcal{E}_3	1	4	3	2
\mathcal{E}_4	1	3	4	2

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – проекты. Выяснить оптимальный путь дальнейшего развития предприятия.

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

Предложено несколько альтернатив:

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

Оценки экспертов предложенных альтернатив приведены в матрице:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	1	2	3
\mathcal{E}_2	2	1	3
\mathcal{E}_3	2	3	1
\mathcal{E}_4	3	2	1
\mathcal{E}_5	3	1	2
\mathcal{E}_6	1	2	3

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – проекты. Определить наилучшую альтернативу.

Д) Руководство города приняло решение выделить денежные средства из бюджета наиболее важному социальному объекту. Для выделения самого приоритетного была создана комиссия из 5-и экспертов и рассмотрены предложенные варианты:

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

Оценки экспертов предложенных объектов приведены в матрице:

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

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – проекты. Определить наилучшую альтернативу.

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

1. Заказ мультимедиа презентации;
2. Выпуск периодического печатного издания;
3. Выпуск ежегодных каталогов услуг;
4. Создание корпоративного сайта;

Оценки экспертов приведены в матрице:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	3	2	4	1
\mathcal{E}_2	1	4	3	2
\mathcal{E}_3	2	3	4	1

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j - проекты. Найти наиболее эффективный и выгодный вариант рекламной акции.

Ж) Группе экспертов необходимо определить вариант нового закона, вводимого для поддержки начинающих частных предпринимателей. Были представлены следующие варианты проектов:

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

Оценки экспертов предложенных законопроектов приведены в матрице:

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	1	2	3
\mathcal{E}_2	2	1	3
\mathcal{E}_3	2	3	1
\mathcal{E}_4	3	2	1
\mathcal{E}_5	3	1	2
\mathcal{E}_6	1	2	3

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – проекты. Определить наилучшую альтернативу.

10. Решить задачи.

А) Предположим, что Министерство образования и науки решило внести некоторые изменения в порядок зачисления в высшие учебные заведения. После проведения «мозговой атаки» на суд 3-х экспертов были вынесены следующие варианты:

Z_1 – вступительные экзамены;
 Z_2 – централизованное тестирования;
 Z_3 – засчитывать результаты выпускных экзаменов;
 Z_4 – принимать пакет документов(характеристики, аттестат, эссе, и т.д.) через Internet.

Матрицы попарного сопоставления альтернатив приведены ниже (размер шкалы 20):

\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		18/20	1/20	12
Z_2	2/20		7/20	16/20
Z_3	19/20	13/20		3/20
Z_4	8/20	4/20	17/20	

\mathcal{E}_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		17/20	4/20	10/20
Z_2	3/20		5/20	17/20
Z_3	16/20	15/20		2/20
Z_4	10/20	3/20	18/20	

\mathcal{E}_3	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		19/20	3/20	11/20
Z_2	1/20		6/20	18/20
Z_3	17/20	14/20		0
Z_4	9/20	2/20	1/20	

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – объекты экспертизы. Определить наиболее предпочтительный вариант.

Б) Накануне выборов перед центром «Политических и экономических исследований» встал вопрос, какой вопрос должен быть наиболее приоритетным в предвыборной компании кандидаты, чтобы

заполучить успех среди избирателей. Группе экспертов из 2-х человек были предложены следующие варианты:

Z_1 – реформирование политической системы;

Z_2 – решение социальной проблемы и социальная защита граждан;

Z_3 – внешнеполитическая ориентация (ЕС и Россия);

Z_4 – экономическое развитие.

Матрицы попарного сопоставления альтернатив приведены ниже (размер шкалы 15):

\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		8/15	1/15	14/15
Z_2	7/15		10/15	17/15
Z_3	14/15	5/15		3/15
Z_4	1/15	8/15	12/15	
\mathcal{E}_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		7/15	3/15	13/15
Z_2	8/15		8/15	8/15
Z_3	12/15	17/15		2/15
Z_4	2/15	7/15	13/15	

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – объекты экспертизы. Определить наименее предпочтительный вариант.

В) Телеканал *** принял проект нового телевизионного шоу «в реальном времени», в связи с чем встал вопрос выделения эфирного времени. Двум теле – экспертам были предложены следующие альтернативы:

Z_1 – показывать наиболее интересные моменты 20 мин. 3 раза в день с понедельника по пятницу;

Z_2 – сформировать своеобразные отчеты за неделю и пускать в вечернем эфире по выходным дням;

Z_3 – показывать ежедневный «дневник событий» и большую программу в субботу вечером

Матрицы попарного сопоставления альтернатив приведены ниже (размер шкалы 16):

\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3
Z_1		13/16	1/16
Z_2	3/16		7/16
Z_3	15/16	9/16	

\mathcal{E}_2	Z_1	Z_2	Z_3
Z_1		11/16	4/16
Z_2	5/16		5/16
Z_3	12/16	11/16	

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – объекты экспертизы. Определить наиболее предпочтительный вариант.

Г) Руководство города столкнулось с проблемой некупаемости общественного транспорта. Для ее решения созвали комиссию в составе 3-х экспертов, предложив им проанализировать возможные варианты ее решения:

Z_1 – повысить стоимость проезда;

Z_2 – уменьшить количество рейсов за счет маршрутного такси;

Z_3 – снизить количество рейсов за счет изменения и удлинения маршрутов;

Z_4 – увеличить транспортный налог.

Матрица попарного сопоставления альтернатив приведена ниже (размер шкалы 12):

\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		8/12	3/12	1
Z_2	4/12		7/12	6/12
Z_3	9/12	5/12		3/12
Z_4	11/12	6/12	9/12	

\mathcal{E}_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		7/12	1	3/12
Z_2	5/12		5/12	7/12
Z_3	0	7/12		2/12
Z_4	9/12	5/12	10/12	

\mathcal{E}_3	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1		9/12	1	2/12
Z_2	3/12		6/12	8/12
Z_3	0	6/12		1/12
Z_4	10/12	4/12	11/12	

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – объекты экспертизы. Определить наиболее предпочтительный вариант.

Д) Исследования показали, что в областных городах недостаточно развита коммуникационная сеть. Местные власти приняли решение улучшить состояние связи, для чего разработали несколько проектов решения данной проблемы и предложили их комиссии из 2-х экспертов:

Z_1 – оснастить город таксофонами;

Z_2 – увеличить количество телефонных станций;

Z_3 – сделать более доступной мобильную связь, введя специальные областные тарифные планы.

Матрица попарного сопоставления альтернатив приведена ниже (размер шкалы 18):

\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3
Z_1		13/18	1/18
Z_2	5/18		7/18
Z_3	17/18	11/18	

\mathcal{E}_2	Z_1	Z_2	Z_3
Z_1		11/18	4/18
Z_2	7/18		5/18
Z_3	14/18	13/18	

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – объекты экспертизы. Определить наиболее предпочтительный вариант.

Е) Накануне предстоящего концерта известной музыкальной группы продюсеры пригласили группу из музыкального эксперта и 2-х маркетологов, чтобы выбрать место проведения концерта с оптимальным сочетанием качества звука и возможной прибыли.

Были предложены следующие варианты

Z_1 – стадион «А»;

Z_2 – Дворец культуры «Б»;

Z_3 – Концертный «В»;

Z_4 – Ледовый дворец;

Z_5 – клуб «Г».

Матрица попарного сопоставления альтернатив приведена ниже (размер шкалы 28):

\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Z_1		18/28	23/28	1/28	14/28
Z_2	10/28		7/28	16/28	6/28
Z_3	5/28	21/28		3/28	13/28
Z_4	27/28	12/28	25/28		5/28
Z_5	14/28	22/28	15/28	23/28	

\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Z_1		17/28	1	3/28	1/28
Z_2	11/28		5/28	17/28	16/28
Z_3	0	23/28		2/28	3/28
Z_4	25/28	11/28	26/28		9/28
Z_5	27/28	12/28	25/28	19/28	

\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Z_1		19/28	1	2/28	12/28
Z_2	8/28		6/28	18/28	8/28
Z_3	0	22/28		1/28	21/28
Z_4	26/28	10/28	27/28		27/28
Z_4	16/28	20/28	7/28	1/28	

где \mathcal{E}_i – эксперты, Z_j – объекты экспертизы. Определить наиболее предпочтительный вариант.

11. Решить задачи.

А) Крупная компания по ремонту автомобилей решает расширить свою деятельность посредством легального импорта автомобилей. Для этого необходимо определить социальную группу, для которой их поставлять и, следовательно, цены и марки автомобилей. Для этого проводится маркетинговое исследования населения, результаты которого оценивают четыре эксперта:

Z_1 – импортировать дорогие и редкие «заокеанские» марки для обеспеченных клиентов (1999-2017 г.г. выпуска, дорогие запчасти);

Z_2 – импортировать дорогие европейские марки (более дешевые запчасти);

Z_3 – организовать доставку, ориентируясь на среднюю стоимость (2010 – 2015 г.г.);

Z_4 – закупать доступные автомобили, б/у (1987-1991гг).

Матрица попарного сравнения альтернатив приведена ниже:

\mathcal{E}_j	$Z_1 \Leftrightarrow Z_2$		$Z_1 \Leftrightarrow Z_3$		$Z_1 \Leftrightarrow Z_4$		$Z_2 \Leftrightarrow Z_3$		$Z_2 \Leftrightarrow Z_4$		$Z_3 \Leftrightarrow Z_4$	
\mathcal{E}_1	0,6	0,4	0,35	0,65	0,5	0,5	0,4	0,6	0,3	0,7	0,4	0,6
\mathcal{E}_2	0,7	0,3	0,45	0,55	0,4	0,6	0,3	0,7	0,4	0,6	0,4	0,6
\mathcal{E}_3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,7	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5
\mathcal{E}_4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,3	0,7	0,3	0,7

где E_i – эксперты, Z_j – объекты экспертизы. Определить наиболее предпочтительный вариант

Б) Компания по производству бытовой техники принимает решение расширить производство, для чего необходимы некоторые денежные средства. Чтобы грамотнее выбрать источник финансирования финансовый директор приглашает группу экспертов из 5-ти человек, которые оценивают ниже перечисленные варианты:

Z_1 – привлечь инвесторов;

Z_2 – взять кредит в банке/ у финансового консультанта;

Z_3 – создать совместное предприятие;

Z_4 – выпустить коммерческое предприятие.

Матрицу попарного сравнения альтернатив составить самостоятельно. Определить наиболее предпочтительный вариант.

В) Издательство «*****» принимает решение о пополнение своего ассортимента за счет нового журнала/газеты. Был проведен анализ существующих изданий, в итоге появились некоторые новые идеи, которые были представлены для оценки группе из 4-х экспертов:

Z_1 – разносторонний политический обозреватель;

Z_2 – страны и континенты, туризм, путешествие;

Z_3 – экстремальные виды спорта;

Z_4 – новинки в сфере искусства (кино, музыка, живопись);

Z_5 – трудоустройство.

Матрицу попарного сравнения альтернатив составить самостоятельно. Определить наиболее предпочтительный вариант.

Г) Руководство компании мобильной связи ***, желая увеличить количество абонентов, объявила конкурс среди сотрудников на лучшую акцию по достижению поставленной цели. Наиболее перспективные проекты были вынесены на суд 2-х экспертов:

Z_1 – бесплатные разговоры внутри сети;

Z_2 – подарки каждому новому (3-му, 4-му...) абоненту;

Z_3 – льготы тем, кто привел друзей;

Z_4 – телефоны в рассрочку;

Z_5 – каждому новому абоненту – 60 минут звонков на город бесплатно.

Матрицу попарного сравнения альтернатив составить самостоятельно. Определить наиболее предпочтительный вариант.

Д) Городское управление решило организовать мероприятие по озеленению центра города. Для этого собирается группа экспертов в составе четырех человек для выбора наилучшего проекта из предложенных:

- Z_1 – разбить клумбы с цветами;
- Z_2 – посадить деревья;
- Z_3 – поставить искусственные деревья;
- Z_4 – повесить на столбы кашпо с цветами.

Матрицу попарного сравнения альтернатив составить самостоятельно. Определить наиболее предпочтительный вариант.

Е) Руководство университета выделило деньги на техническое переоснащение аудиторий. Для этого администрация пригласила группу экспертов из пяти человек, которые оценивают ниже перечисленные варианты:

- Z_1 – купить новые компьютеры;
- Z_2 – купить новое оборудование в лингвистический кабинет;
- Z_3 – оснастить аудитории новыми телевизорами.

Матрицу попарного сравнения альтернатив составить самостоятельно. Определить наиболее предпочтительный вариант.

Ж) Руководству университета выделили деньги на обеспечение иногородних студентов жильем. Для чего разработали несколько проектов решения данной проблемы и предложили их комиссии из двух экспертов:

- Z_1 – построить новое общежитие;
- Z_2 – сделать пристройку к общежитию;
- Z_3 – арендовать многоэтажный дом.

Матрицу попарного сравнения альтернатив составить самостоятельно. Определить наиболее предпочтительный вариант.

З) Компании требуются кадры в новый отдел. Чтобы грамотнее выбрать будущих работников директор приглашает группу экспертов из пяти человек, которые оценивают ниже перечисленные варианты:

- Z_1 – переманить лучших сотрудников конкурентов;
- Z_2 – отправить сотрудников других отделов на курсы повышения квалификации;
- Z_3 – провести конкурс среди студентов, заканчивающих ВУЗ.

Матрицу попарного сравнения альтернатив составить самостоятельно. Определить наиболее предпочтительный вариант.

И) Документооборот предприятия увеличивается с каждым днем. Для более эффективной работы предприятия решили внедрить систему электронного документооборота. Для выбора самой подходящей системы создали группу экспертов из пяти человек. Предстоит выбрать:

Z_1 – российская система Ефрат-документооборот;

Z_2 – европейская LotusNotes;

Z_3 – создание новой системы, приспособленной к данному предприятию.

Матрицу попарного сравнения альтернатив составить самостоятельно. Определить наиболее предпочтительный вариант.

12. Решить задачи.

А) Перед учеником 11 класса Колей Бобровым стоит задача выбора дальнейшего жизненного пути. Для решения этой проблемы он пригласил родителей, бабушку и лучшего друга в качестве экспертов. Им предстоит выбрать наилучшую для Коли альтернативу:

1. Поступить в ВУЗ на престижную специальность;

2. Выбрать менее престижную специальность, но отвечающую его духовным потребностям;

3. Поступить в техникум и уже после 3 лет обучения приносить деньги в семью;

4. Учиться заочно и работать.

Ранжирование альтернатив экспертами выполните самостоятельно. Определить наилучшую альтернативу.

Б) Администрация университета решила повысить эффективность пожарной системы в общежитии. Для этого студгородку выделены деньги. Совет студгородка создал группу экспертов из трех человек для выбора наилучшего варианта:

1. Обновить пожарную систему;

2. Выдать в каждую комнату огнетушитель;

3. Установить новую противопожарную систему;

4. Проверить готовность студентов к ЧС;

Ранжирование альтернатив экспертами выполните самостоятельно. Определить наилучшую альтернативу.

В) Администрация района решила помочь многодетным семьям. Собрана группа экспертов для выбора наилучшей альтернативы.

1. Выдать материальную помощь семьям в размере 50 МРОТ;

2. Отправить детей на оплачиваемые администрацией курсы для получения специальности;

3. Выделить путевки в санатории и дома отдыха.

Ранжирование альтернатив экспертами выполните самостоятельно. Определить наилучшую альтернативу.

Г) При реконструкции одного из районов Н - ска решили снести часть жилого сектора и построить на этом месте многоэтажный дом. «Стройтрест» столкнулся с проблемой расселения жильцов старых домов. Собрали группу экспертов для выбора лучшей альтернативы:

1. Выделить деньги жильцам для покупки квартиры;

2. На время постройки поселить людей в общежитие с последующим расселением в новый дом;

3. Расселить по районным центрам, но с лучшими жилищными условиями.

Ранжирование альтернатив экспертами выполните самостоятельно. Определить наилучшую альтернативу.

Д) Домоуправлению выделены деньги для повышения безопасности жильцов. Для выбора лучшего варианта собрана группа экспертов. Возможные альтернативы:

1. Поставить кодовые двери в подъезды;

2. Поставить железные двери при входе на лестничную площадку;

3. Поставить в квартирах панорамные зрачки;

4. Подключить квартиры к сигнализации.

Ранжирование альтернатив экспертами выполните самостоятельно. Определить наилучшую альтернативу.

Е) В связи с увеличением на рынке труда «специалистов» с поддельными дипломами государство решило принять меры. Собрали группу экспертов для выбора лучших средств борьбы:

1. Вести строгий учет чистых бланков, выдаваемых ВУЗам;

2. Вести новую систему водяных знаков;

3. Обязать принимающих на работу убеждаться в подлинности диплома.

Ранжирование альтернатив экспертами выполните самостоятельно. Определить наилучшую альтернативу.

Ж) Динамически развивающаяся компания решила организовать клуб отдыха для своих сотрудников. Перед wybranными экспертами стоит задача выбора наилучшей альтернативы:

1. Арендовать конный клуб;
2. Арендовать гольф-клуб;
3. Арендовать тренажерный зал;
4. Арендовать сауну.

Ранжирование альтернатив экспертами выполните самостоятельно. Определить наилучшую альтернативу.

13. Решить задачи методом Монте – Карло.

А) Три игрока (с номерами 1, 2 и 3), имеющие изначально X , Y и Z жетонов соответственно, играют в следующую игру. В каждом раунде каждый игрок ставит на кон один жетон. Затем бросают кубик, на котором цифры 4, 5, 6 заменены на 1, 2 и 3. При выпадении числа i игрок с номером i забирает с кона все три жетона. Игра заканчивается, когда кто-нибудь из игроков проигрывает все жетоны. Введем функцию $f(X, Y, Z)$, как среднюю длительность игры (среднее количество раундов) при заданных начальных капиталах X, Y, Z . Например, $f(2, 2, 2) = 2$. Задача состоит в том, чтобы определить эту функцию. Для этого необходимо смоделировать игру на компьютере, накопить экспериментальные результаты, проанализировать их, а затем выдвигать гипотезы о виде функции f , проверять их для разных входных значений, и, отбросив неподходящие, найти решение.

Б) Игрок А выбирает комбинацию из цифр 0 и 1 длиной 3 знака (например, 001). Игрок В выбирает свою комбинацию (отличную от игрока А). Подбрасывается монета и записываются результаты бросания (например, 101101..., где 0 обозначает «орел», а 1 - «решка»). Игра прекращается в тот момент, когда в последовательности цифр на конце возникает комбинация, выбранная А или В (побеждает А или В соответственно). Игра повторяется.

а) Оценить шансы на выигрыш каждого из игроков $R(A, B)$ (т.е. отношение числа выигрышей игрока В к числу выигрышей игрока А).

б) Для выбранной игроком А комбинации определить такую комбинацию для игрока В, которая ему дает больше шансов на выигрыш.

В) Пусть дана ось с отмеченными на ней целочисленными точками. Предположим, что Чиполлино спрятался в точке 0, в точке N находится пропасть, и сыщик Моркоу находится в точке k ($0 < k < N$). Сыщик ищет Чиполлино случайным образом, блуждая по соседним целочисленным точкам. Если он попадет в точку 0, то найдет Чипол-

лино, а если попадет в точку N , то свалится в пропасть. С какой вероятностью сыщик найдет Чиполлино?

Г) Пусть имеется “однорукий бандит” - игровой автомат с ручкой, которой его запускают для игры. Считаем (для упрощения), что игра будет типа “в орлянку”, и игрок имеет начальный капитал в одну монету. Игра ведется до тех пор, пока игрок не обанкротится или выиграет N монет. Промоделировать игру для $N=10$, определить вероятность (шансы) игрока “сорвать указанный куш” и объяснить, почему автомат назвали “бандитом”.

Д) На шахматную доску случайным образом бросают 64 зерна. Определить, как зерна по количеству распределятся в клетках.

Тема 7. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМНЫХ ДИАГРАММ

Вопросы, рассматриваемые при изучении темы

1. Понятие языка системных диаграмм. Уровень, поток, событие: понятие, обозначения. Техника построения системных диаграмм. Примеры системных диаграмм.
2. Общие сведения о методологии IDEF0.

Краткое содержание темы

Основные понятия структурного системного анализа

Под структурным системным анализом принято понимать метод исследования системы, который начинается с наиболее общего ее описания с последующей детализацией представления отдельных аспектов ее поведения и функционирования. При этом общая модель системы строится в виде некоторой иерархической структуры, которая отражает различные уровни абстракции с ограниченным числом компонентов на каждом из уровней. Одним из главных принципов структурного системного анализа является выделение на каждом из уровней абстракции только наиболее существенных компонентов или элементов системы.

В рамках данного направления программной инженерии принято рассматривать три графические нотации, получивших названия диаграмм: диаграммы "сущность-связь" (Entity-Relationship Diagrams,

ERD), диаграммы функционального моделирования (Structured Analysis and Design Technique, SADT) и диаграммы потоков данных (Data Flow Diagrams, DFD).

Диаграммы "сущность-связь"

Данная нотация была предложена П. Ченом (P. Chen) в 1976 году и получила дальнейшее развитие в работах Р. Баркера (R. Barker). Диаграммы "сущность-связь" (ERD) предназначены для графического представления моделей данных разрабатываемой программной системы и предлагают некоторый набор стандартных обозначений для определения данных и отношений между ними. С помощью этого вида диаграмм можно описать отдельные компоненты концептуальной модели данных и совокупность взаимосвязей между ними, имеющих важное значение для разрабатываемой системы.

Основными понятиями данной нотации являются понятия сущности и связи. При этом под сущностью (entity) понимается произвольное множество реальных или абстрактных объектов, каждый из которых обладает одинаковыми свойствами и характеристиками. В этом случае каждый рассматриваемый объект может являться экземпляром одной и только одной сущности, должен иметь уникальное имя или идентификатор, а также отличаться от других экземпляров данной сущности.

Примерами сущностей могут быть: банк, клиент банка, счет клиента, аэропорт, пассажир, рейс, компьютер, терминал, автомобиль, водитель. Каждая из сущностей может рассматриваться с различной степенью детализации и на различном уровне абстракции, что определяется конкретной постановкой задачи. Для графического представления сущностей используются специальные обозначения (рис. 58).

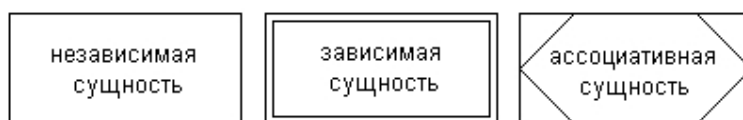


Рис. 58. Графические изображения для обозначения сущностей

Связь (relationship) определяется как отношение или некоторая ассоциация между отдельными сущностями. Примерами связей могут являться родственные отношения типа "отец-сын" или производственные отношения типа "начальник-подчиненный". Другой тип свя-

зей задается отношениями "иметь в собственности" или "обладать свойством". Различные типы связей графически изображаются в форме ромба с соответствующим именем данной связи (рис. 59).

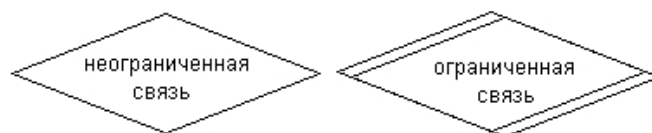


Рис. 59. Графические изображения для обозначения связей

Графическая модель данных строится таким образом, чтобы связи между отдельными сущностями отражали не только семантический характер соответствующего отношения, но и дополнительные аспекты обязательности связей, а также кратность участвующих в данных отношениях экземпляров сущностей.

Рассмотрим в качестве простого примера ситуацию, которая описывается двумя сущностями: "Сотрудник" и "Компания". При этом в качестве связи естественно использовать отношение принадлежности сотрудника данной компании. Если учесть соображения о том, что в компании работают несколько сотрудников, и эти сотрудники не могут быть работниками других компаний, то данная информация может быть представлена графически в виде следующей диаграммы "сущность-связь" (рис. 60). На данном рисунке буква "N" около связи означает тот факт, что в компании могут работать более одного сотрудника, при этом значение N заранее не фиксируется. Цифра "1" на другом конце связи означает, что сотрудник может работать только в одной конкретной компании, т. е. не допускается прием на работу сотрудников по совместительству из других компаний или учреждений.



Рис. 60. Диаграмма "сущность-связь" для примера сотрудников некоторой компании

Несколько иная ситуация складывается в случае рассмотрения сущностей "сотрудник" и "проект", и связи "участвует в работе над проектом" (рис. 61). Поскольку в общем случае один сотрудник мо-

жет участвовать в разработке нескольких проектов, а в разработке одного проекта могут принимать участие несколько сотрудников, то данная связь является многозначной. Данный факт специально отражается на диаграмме указанием букв "N" и "M" около соответствующих сущностей, при этом выбор конкретных букв не является принципиальным.

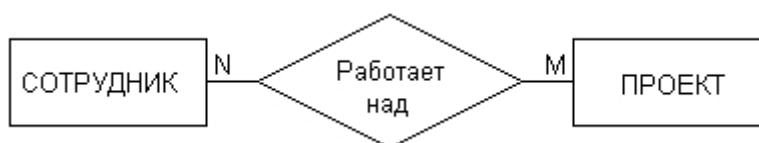


Рис. 61. Диаграмма "сущность-связь" для примера сотрудников, участвующих в работе над проектами

Рассмотренные две диаграммы могут быть объединены в одну, на которой будет представлена информация о сотрудниках компании, участвующих в разработке проектов данной компании (рис. 62). При этом может быть введена дополнительная связь, характеризующая проекты данной компании.

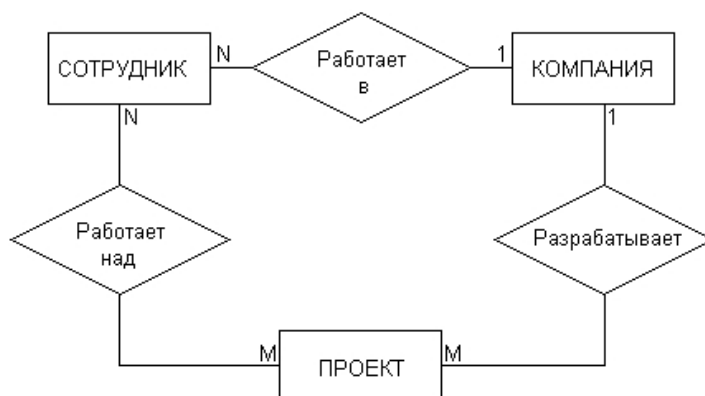


Рис. 62. Диаграмма "сущность-связь" для общего примера компании

Примечание. На указанных диаграммах могут быть отражены более сложные зависимости между отдельными сущностями, которые отражают обязательность выполнения некоторых дополнительных условий, определяемых спецификой решаемой задачи и моделируемой предметной области. В частности, могут быть отражены связи подчинения одной сущности другой или введения ограничений на действие отдельных связей. В подобных случаях используются до-

полнительные графические обозначения, отражающие особенности соответствующей семантики.

Ограниченность ERD проявляется при конкретизации концептуальной модели в более детальное представление моделируемой программной системы, которое кроме статических связей должно содержать информацию о поведении или функционировании отдельных ее компонентов. Для этих целей в рамках ССА используется другой тип диаграмм, получивших название диаграмм потоков данных. А сейчас перейдем к диаграммам SADT.

Диаграммы функционального моделирования

Начало разработки диаграмм функционального моделирования относится к середине 1960-х годов, когда Дуглас Т. Росс предложил специальную технику моделирования, получившую название SADT (Structured Analysis & Design Technique). Военно-воздушные силы США использовали методику SADT в качестве части своей программы интеграции компьютерных и промышленных технологий (Integrated Computer Aided Manufacturing, ICAM) и назвали ее IDEFO (Icam DEFinition). Целью программы ICAM было увеличение эффективности компьютерных технологий в сфере проектирования новых средств вооружений и ведения боевых действий. Одним из результатов этих исследований являлся вывод о том, что описательные языки не эффективны для документирования и моделирования процессов функционирования сложных систем. Подобные описания на естественном языке не обеспечивают требуемого уровня непротиворечивости и полноты, имеющих доминирующее значение при решении задач моделирования.

В рамках программы ICAM было разработано несколько графических языков моделирования, которые получили следующие названия:

- Нотация IDEF0 - для документирования процессов производства и отображения информации об использовании ресурсов на каждом из этапов проектирования систем.
- Нотация IDEF1 - для документирования информации о производственном окружении систем.
- Нотация IDEF2 - для документирования поведения системы во времени.

- Нотация IDEF3 - специально для моделирования бизнес-процессов.

Нотация IDEF2 никогда не была полностью реализована. Нотация IDEF1 в 1985 году была расширена и переименована в IDEF1X. Методология IDEF-SADT, нашла применение в правительственных и коммерческих организациях, поскольку на тот период времени вполне удовлетворяла различным требованиям, предъявляемым к моделированию широкого класса систем.

В начале 1990 года специально образованная группа пользователей IDEF (IDEF Users Group), в сотрудничестве с Национальным институтом по стандартизации и технологии США (National Institutes for Standards and Technology, NIST), предприняла попытку создания стандарта для IDEFO и IDEF1X. Эта попытка оказалась успешной и завершилась принятием в 1993 году стандарта правительства США, известного как FIPS для данных двух технологий IDEFO и IDEF1X. В течение последующих лет этот стандарт продолжал активно развиваться и послужил основой для реализации в некоторых первых CASE-средствах.

Методология IDEF-SADT представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели системы какой-либо предметной области. Функциональная модель SADT отображает структуру процессов функционирования системы и ее отдельных подсистем, т. е. выполняемые ими действия и связи между этими действиями. Для этой цели строятся специальные модели, которые позволяют в наглядной форме представить последовательность определенных действий. Исходными строительными блоками любой модели IDEFO процесса являются деятельность (activity) и стрелки (arrows).

Рассмотрим кратко эти основные понятия методологии IDEF-SADT, которые используются при построении диаграмм функционального моделирования. Деятельность представляет собой некоторое действие или набор действий, которые имеют фиксированную цель и приводят к некоторому конечному результату. Иногда деятельность называют просто процессом. Модели IDEFO отслеживают различные виды деятельности системы, их описание и взаимодействие с другими процессами. На диаграммах деятельность или процесс изображается прямоугольником, который называется блоком. Стрелка служит для

обозначения некоторого носителя или воздействия, которые обеспечивают перенос данных или объектов от одной деятельности к другой. Стрелки также необходимы для описания того, что именно производит деятельность и какие ресурсы она потребляет. Это так называемые роли стрелок - ICOM - сокращение первых букв от названий соответствующих стрелок IDEFO.

При этом различают стрелки четырех видов:

- I (Input)- вход, т. е. все, что поступает в процесс или потребляется процессом.
- C (Control) - управление или ограничения на выполнение операций процесса.
- O (Output) - выход или результат процесса.
- M (Mechanism) - механизм, который используется для выполнения процесса.

Методология IDEFO однозначно определяет, каким образом изображаются на диаграммах стрелки каждого вида ICOM. Стрелка Вход (Input) выходит из левой стороны рамки рабочего поля и входит слева в прямоугольник процесса. Стрелка Управление (Control) входит и выходит сверху. Стрелка Выход (Output) выходит из правой стороны процесса и входит в правую сторону рамки. Стрелка Механизм (Mechanism) входит в прямоугольник процесса снизу. Таким образом, базовое представление процесса на диаграммах IDEFO имеет следующий вид (рис. 63).

Техника построения диаграмм представляет собой главную особенность методологии IDEF-SADT. Место соединения стрелки с блоком определяет тип интерфейса. При этом все функции моделируемой системы и интерфейсы на диаграммах представляются в виде соответствующих блоков процессов и стрелок ICOM. Управляющая информация входит в блок сверху, в то время как информация, которая подвергается обработке, изображается с левой стороны блока. Результаты процесса представляются как выходы процесса и показываются с правой стороны блока. В качестве механизма может выступать человек или автоматизированная система, которые реализуют данную операцию. Соответствующий механизм на диаграмме представляется стрелкой, которая входит в блок процесса снизу.

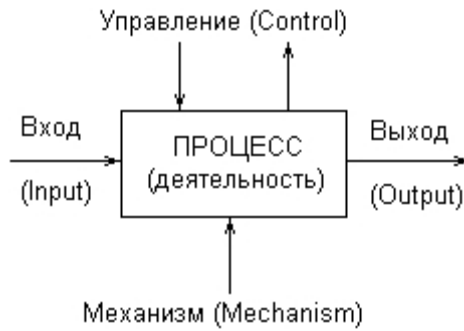


Рис. 63. Обозначение процесса и стрелок ICOM на диаграммах IDEF0

Одной из наиболее важных особенностей методологии IDEF-SADT является постепенное введение все более детальных представлений модели системы по мере разработки отдельных диаграмм. Построение модели IDEF-SADT начинается с представления всей системы в виде простейшей диаграммы, состоящей из одного блока процесса и стрелок ICOM, служащих для изображения основных видов взаимодействия с объектами вне системы. Поскольку исходный процесс представляет всю систему как единое целое, данное представление является наиболее общим и подлежит дальнейшей декомпозиции.

Для иллюстрации основных идей методологии IDEF-SADT рассмотрим следующий простой пример. В качестве процесса будем представлять деятельность по оформлению кредита в банке. Входом данного процесса является заявка от клиента на получение кредита, а выходом - соответствующий результат, т. е. непосредственно кредит. При этом управляющими факторами являются правила оформления кредита, которые регламентируют условия получения соответствующих финансовых средств в кредит. Механизмом данного процесса является служащий банка, который уполномочен выполнить все операции по оформлению кредита. Пример исходного представления процесса оформления кредита в банке изображен на рис. 64.

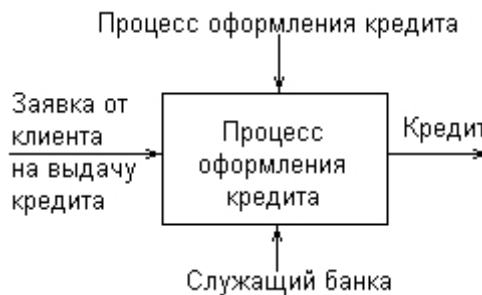


Рис. 64. Пример исходной диаграммы IDEF-SADT для процесса оформления кредита в банке

В конечном итоге модель IDEF-SADT представляет собой серию иерархически взаимосвязанных диаграмм с сопроводительной документацией, которая разбивает исходное представление сложной системы на отдельные составные части. Детали каждого из основных процессов представляются в виде более детальных процессов на других диаграммах. В этом случае каждая диаграмма нижнего уровня является декомпозицией некоторого процесса из более общей диаграммы. Поэтому на каждом шаге декомпозиции более общая диаграмма конкретизируется на ряд более детальных диаграмм.

В настоящее время диаграммы структурного системного анализа IDEF-SADT продолжают использоваться целым рядом организаций для построения и детального анализа функциональной модели существующих на предприятии бизнес-процессов, а также для разработки новых бизнес-процессов. Основной недостаток данной методологии связан с отсутствием явных средств для объектно-ориентированного представления моделей сложных систем. Хотя некоторые аналитики отмечают важность знания и применения нотации IDEF-SADT, ограниченные возможности этой методологии применительно к реализации соответствующих графических моделей в объектно-ориентированном программном коде существенно сужают диапазон решаемых с ее помощью задач.

Диаграммы потоков данных

Основой данной методологии графического моделирования информационных систем является специальная технология построения диаграмм потоков данных DFD. В разработке методологии DFD приняли участие многие аналитики, среди которых следует отметить Э. Йордона (E. Yourdon). Он является автором одной из первых графических нотаций DFD. В настоящее время наиболее распространенной является так называемая нотация Гейна-Сарсона (Gene-Sarson), основные элементы которой будут рассмотрены в этом разделе.

Модель системы в контексте DFD представляется в виде некоторой информационной модели, основными компонентами которой являются различные потоки данных, которые переносят информацию от одной подсистемы к другой. Каждая из подсистем выполняет определенные преобразования входного потока данных и передает

результаты обработки информации в виде потоков данных для других подсистем.

Основными компонентами диаграмм потоков данных являются:

- внешние сущности;
- накопители данных или хранилища;
- процессы;
- потоки данных;
- системы/подсистемы.

Внешняя сущность представляет собой материальный объект или физическое лицо, которые могут выступать в качестве источника или приемника информации. Определение некоторого объекта или системы в качестве внешней сущности не является строго фиксированным. Хотя внешняя сущность находится за пределами границ рассматриваемой системы, в процессе дальнейшего анализа некоторые внешние сущности могут быть перенесены внутрь диаграммы модели системы. С другой стороны, отдельные процессы могут быть вынесены за пределы диаграммы и представлены как внешние сущности. Примерами внешних сущностей могут служить: клиенты организации, заказчики, персонал, поставщики.

Внешняя сущность обозначается прямоугольником с тенью (рис. 65), внутри которого указывается ее имя. При этом в качестве имени рекомендуется использовать существительное в именительном падеже. Иногда внешнюю сущность называют также терминатором.

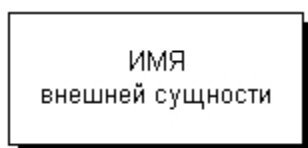


Рис. 65. Изображение внешней сущности на диаграмме потоков данных

Процесс представляет собой совокупность операций по преобразованию входных потоков данных в выходные в соответствии с определенным алгоритмом или правилом. Хотя физически процесс может быть реализован различными способами, наиболее часто подразумевается программная реализация процесса. Процесс на диаграмме потоков данных изображается прямоугольником с закругленными вершинами (рис. 66), разделенным на три секции или поля го-

горизонтальными линиями. Поле номера процесса служит для идентификации последнего. В среднем поле указывается имя процесса. В качестве имени рекомендовано использовать глагол в неопределенной форме с необходимыми дополнениями. Нижнее поле содержит указание на способ физической реализации процесса.

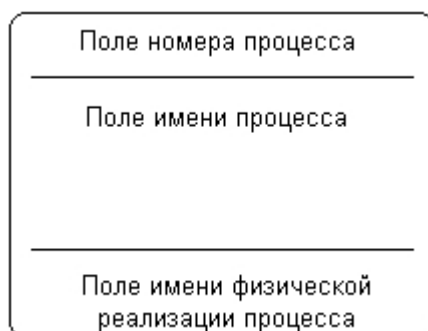


Рис. 66. Изображение процесса на диаграмме потоков данных

Информационная модель системы строится как некоторая иерархическая схема в виде так называемой контекстной диаграммы, на которой исходная модель последовательно представляется в виде модели подсистем соответствующих процессов преобразования данных. При этом подсистема или система на контекстной диаграмме DFD изображается так же, как и процесс - прямоугольником с закругленными вершинами (рис. 67).

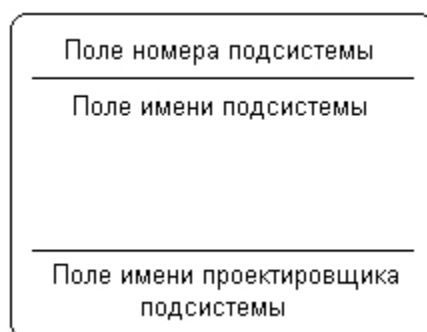


Рис. 67. Изображение подсистемы на диаграмме потоков данных

Накопитель данных или хранилище представляет собой абстрактное устройство или способ хранения информации, перемещаемой между процессами. Предполагается, что данные можно в любой момент поместить в накопитель и через некоторое время извлечь,

причем физические способы помещения и извлечения данных могут быть произвольными. Накопитель данных может быть физически реализован различными способами, но наиболее часто предполагается его реализация в электронном виде на магнитных носителях. Накопитель данных на диаграмме потоков данных изображается прямоугольником с двумя полями (рис. 68). Первое поле служит для указания номера или идентификатора накопителя, который начинается с буквы "D". Второе поле служит для указания имени. При этом в качестве имени накопителя рекомендуется использовать существительное, которое характеризует способ хранения соответствующей информации.

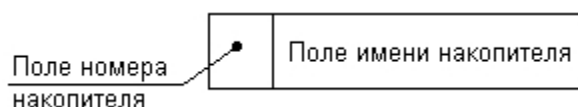


Рис. 68. Изображение накопителя на диаграмме потоков данных

Наконец, поток данных определяет качественный характер информации, передаваемой через некоторое соединение от источника к приемнику. Реальный поток данных может передаваться по сети между двумя компьютерами или любым другим способом, допускающим извлечение данных и их восстановление в требуемом формате. Поток данных на диаграмме DFD изображается линией со стрелкой на одном из ее концов, при этом стрелка показывает направление потока данных. Каждый поток данных имеет свое собственное имя, отражающее его содержание.

Таким образом, информационная модель системы в нотации DFD строится в виде диаграмм потоков данных, которые графически представляются с использованием соответствующей системы обозначений. В качестве примера рассмотрим упрощенную модель процесса получения некоторой суммы наличными по кредитной карточке клиентом банка. Внешними сущностями данного примера являются клиент банка и, возможно, служащий банка, который контролирует процесс обслуживания клиентов. Накопителем данных может быть база данных о состоянии счетов отдельных клиентов банка. Отдельные потоки данных отражают характер передаваемой информации, необходимой для обслуживания клиента банка. Соответствующая модель для данного примера может быть представлена в виде диаграммы потоков данных (рис. 69).



Рис. 69. Пример диаграммы DFD для процесса получения некоторой суммы наличными по кредитной карточке

В настоящее время диаграммы потоков данных используются в некоторых CASE-средствах для построения информационных моделей систем обработки данных. Основной недостаток этой методологии также связан с отсутствием явных средств для объектно-ориентированного представления моделей сложных систем, а также для представления сложных алгоритмов обработки данных. Поскольку на диаграммах DFD не указываются характеристики времени выполнения отдельных процессов и передачи данных между процессами, то модели систем, реализующих синхронную обработку данных, не могут быть адекватно представлены в нотации DFD. Все эти особенности методологии структурного системного анализа ограничили возможности ее широкого применения и послужили основой для включения соответствующих средств в унифицированный язык моделирования.

Системные диаграммы

Системные диаграммы, сколько бы сложными они ни казались, состоят всего из двух типов связей – усиливающих и уравнивающих. Соединяясь в разных комбинациях, они образуют самые разнообразные сюжеты.

Однако чем больше системных диаграмм мы построим, тем скорее начнем различать похожие сюжеты при исследовании различных систем. Похожие сюжеты в системном анализе называют системными

архетипами. Они описывают основные сочетания – шаблоны, или паттерны (шаблонные модели) событий.

Единичное событие может означать все что угодно. Если оно происходит еще один раз – это все еще может быть результатом случайного совпадения. Но если случается троекратное повторение – это уже шаблонная модель. Другими словами, повторяющиеся события – явный признак того, что они появились в результате действия некоего предопределяющего их системного механизма. Если мы один раз не сумели сдать работу в срок, то это может быть случайностью или невезением. Но когда задержки происходят постоянно – это паттерн.

На уровне отдельного события способность повлиять на ситуацию будет невелика. Но если удалось разглядеть паттерн, появляется возможность обнаружить структуру внутренней динамики системы и найти решение существующей проблемы.

Рассмотрим теперь основные сюжетные линии, встречающиеся в системном анализе.

Пределы роста. В свое время каждому из нас приходилось попадать в ситуацию, когда сначала добивались прекрасных результатов, а некоторое время спустя все как будто упиралось в стенку. Мы начинали больше и упорнее работать, но получали далеко не пропорциональную отдачу. Под конец приходилось «бежать изо всех сил», чтобы оставаться на месте и не допустить снижения достигнутого уровня конечных результатов.

Эта структурная конфигурация известна как пределы роста (рис. 70). Вначале – чем больше усилий, тем лучше результат. Чем лучше результат, тем больше энтузиазм и наращивание усилий в избранном направлении.

Но затем путь к развитию успеха преграждает некий барьер (ограничение), который проявляется тем сильнее, чем значительнее успех. А чем сильнее противодействует барьер, тем меньше эффективность первоначального действия.

Бизнес дает множество примеров проявления этого механизма. Так, известно, что первая маркетинговая компания позволяет привлечь много новых клиентов, а каждая последующая компания будет давать все меньшую отдачу. Ограничителем в данном случае служит насыщенность рынка. Нередко случается, что очень успешная компания попадает в ситуацию, когда число заказов становится для нее

чрезмерным. Стараясь удовлетворить все заказы, компания вынуждена снижать качество продукции. Это ведет к снижению уровня удовлетворенности клиентов, а за этим следует снижение объема заказов. В таком случае ограничителем служит предельная продуктивность компании. На макроэкономическом уровне предел экономического роста налагается природными ресурсами.



Рис. 70. Базовая шаблонная модель «пределы роста»

Таким образом, характерная шаблонная модель «пределы роста» проявляется и в большом и в малом, когда процесс развития наталкивается на уравнивающую обратную связь. Возникают вопросы: можно ли все-таки противостоять этому паттерну, а если можно, то как, в каких местах системной диаграммы и какие усилия надо приложить? Системный анализ дает утвердительный ответ на первый вопрос и указывает по крайней мере три точки эффективного воздействия на проявление шаблонной модели «пределы роста».

Прежде всего необходимо стремиться заблаговременно предвидеть пределы роста. Поэтому, пока успех дается еще легко, необходимо готовиться к торможению и встрече с пределом. В экономических и других системах, в которых активную роль играют люди, для обнаружения пределов роста достаточно найти ответы на следующие вопросы:

- с каким ограничением скорее всего столкнется исследуемая система;
- что можно сделать в период роста, чтобы обеспечить возможность преодоления неизбежного предела.

Тот период, когда система успешно развивается, – самое лучшее время для подготовки к встрече с будущими проблемами. Когда развитие замедляется, не нужно упорствовать: это знак того, что пора сменить стратегию. Переходить к новой стратегии надо до того, как

это станет неизбежным. В момент, когда необходимость становится насущной, может оказаться, что уже поздно.

Вторую точку приложения усилий укажет ответ на вопрос, что именно ограничивает систему. Это позволит выявить ограничивающий контур в развитии системы и выработать решения для устранения или ослабления проявления существующего ограничения. При этом не надо пытаться форсировать факторы, действующие в усиливающем контуре. Стремление выжать все возможное из того, что еще недавно хорошо работало, не только бесперспективно, но и разрушительно. Системный анализ дает понять, что уравнивающая петля использует новые вложения в улучшение результатов для противодействия развитию системы. Она применяет эти вложения для приближения ее заката и гибели.

Вместе с тем применительно к бизнес-системам здесь возможна ловушка. Когда бизнес начинает скользить вниз, возникает искушение ограничить инвестиции в его развитие. Но вполне возможно, что вложения в переподготовку персонала, новое оборудование или ноу-хау могли бы устранить ограничения роста. Поэтому в таких системах окончательное решение о прекращении инвестиций должно приниматься после тщательного анализа и просчета возможных вариантов.

Третьей точкой приложения усилий служат ментальные модели людей, играющих активную роль в исследуемой системе. Ментальные модели представляют собой глубоко укоренившиеся в нашем сознании идеи, верования, убеждения, способы восприятия и понимания окружающего мира, посредством которых мы направляем свои действия. Следовательно, решение проблемы в исследуемой системе не может не затрагивать ментальных моделей лиц, принимающих решения (ЛПР). Для того чтобы определить, в какой степени решения являются причиной неустойчивого роста системы, разумно провести интервьюирование ЛПР и наряду с другими задать следующие вопросы:

- всегда ли рост идет на пользу;
- какой результат ожидается от продолжения роста;
- существуют ли другие способы достижения ожидаемого результата;
- через какое время есть надежда получить ожидаемые результаты;
- всегда ли больше означает лучше;

- является ли устойчивый рост обязательной характеристикой системы.

Ответы на эти вопросы могут подсказать неожиданный путь ухода от проблемы роста.

Занимаясь системным анализом, необходимо помнить следующее: у всех систем есть точка оптимума, в которой они работают с наибольшей эффективностью. Дальнейший рост будет оплачиваться снижением эффективности. А бездумное вкладывание всех сил в обеспечение роста может привести к краху. Причина этому – перенапряжение отдельных частей системы. В отечественной истории экономического развития нетрудно найти подтверждения этому.

Личные финансы. Личные финансы не всегда поддаются контролю и содержимое кошелька иногда расходуется, как нам кажется, совершенно независимо от нашей воли. В этом случае, как правило, складывается следующий системный сюжет.

Человеку не хватает денег – он старается держать расходы под пристальным контролем. Через некоторое время его финансовое положение выравнивается и даже образуются некоторые накопления. Он начинает сорить деньгами и спустя некоторое время опять оказывается «на мели».

С системной позиции личные расходы – это уравнивающий контур, приводимый в действие разницей между желанием достичь определенного уровня комфорта и качества жизни и удовлетворенностью действительным положением вещей (рис. 71, правая петля). Чем больше разница, тем сильнее искушение тратить деньги, чтобы ее уменьшить. Но у этого искушения есть предел – доступные средства из ваших доходов и накоплений. Чем больше мы тратим, тем меньше остается (левая уравнивающая петля на рис. 71).

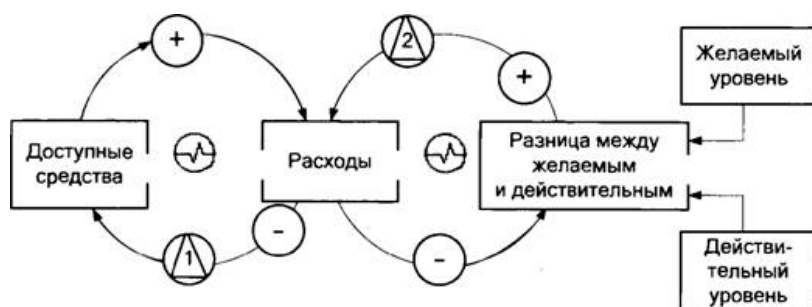


Рис. 71. Шаблонная модель «личные финансы»

Совместная работа двух уравнивающих петель, приведенных на рис. 71, заключается в следующем. Находясь на мели, мы сокращаем расходы. Через какое-то время Δ это приводит к тому, что у нас появляются деньги. Теперь все налаживается, начинает действовать вторая уравнивающая петля, и мы принимаемся расходовать деньги. При этом разница между желаемыми действительным уровнем жизни уменьшается, и со временем Δ это приведет к уменьшению расходов. Как только расходы уменьшатся, уменьшится действительный жизненный уровень и увеличится его разрыв с желаемым стандартом, что потребует очередного увеличения расходов. Хорошо, чтобы к тому времени накопился достаточный уровень в элементе «доступные средства». В противном случае придется залезать в долги.

Таким образом, искусство управления своими финансами сводится к нахождению равновесия между двумя контурами обратной связи. Когда это равновесие нарушается, приходится принимать корректирующие действия. В каждой петле существует своя наиболее эффективная точка приложения корректирующих усилий. В правой петле она находится в месте сравнения действительного и желаемого уровня жизни. Смирив стремление к более высокому уровню жизни, можно ослабить напряжение в системе. Это хороший пример того, как дрейф цели (желаемого уровня жизни) вниз может сулить благо. Нужно настроить уравнивающую петлю обратной связи в правой диаграмме таким образом, чтобы обеспечить соответствие между доступными деньгами и желаемым уровнем жизни. Более того, достижение этого уровня можно грамотно распределить во времени, переместив на будущее дорогие составляющие жизненного уровня не первой необходимости.

В левой петле можно увеличить объем доступных средств. Для этого существует по крайней мере три варианта действий:

- 1) посягательство на собственные сбережения (если такие есть);
- 2) увеличение собственного дохода за счет новой (дополнительной) работы, игры на рынке ценных бумаг или другими способами;
- 3) получение банковского кредита или другого займа.

Несмотря на абсолютную доступность, каждый из вариантов имеет свою отрицательную сторону. Так, залезая в свои сбережения, мы делаем себя незащитными в случаях, когда потребуются экстрен-

ные расходы. В поисках дополнительных источников дохода можно совершить противозаконные действия и лишиться многого, а то и всего. Наиболее привлекателен третий путь, но и он не без изъянов. На рис. 72 приведена шаблонная модель «кредитный заем».

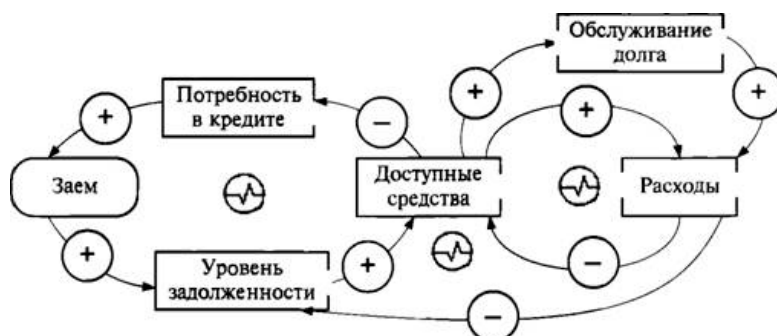


Рис. 72. Шаблонная модель «кредитный заем»

Как видно, она состоит из трех контуров. Первый контур, «расходы-доступные средства» является движущей силой всего паттерна. В случае недостатка средств для покрытия расходов инициируется контур кредитного займа (на диаграмме слева).

Суть следующая. Чем меньше доступных средств, тем выше потребность в кредите. Высокая потребность в кредите обуславливает большой объем займа. В свою очередь, большой кредитный заем значительно повышает уровень задолженности индивида (или хозяйствующего субъекта). Однако это повышение увеличивает объем доступных средств, которые направляются на покрытие расходов. Образовавшийся долг надо обслуживать (правый внешний контур). Чем больше денег заимствовано, тем дороже обходится обслуживание долга, которое включает возврат установленной части одолженной суммы и оплату процентов. В любом случае, большой долг или нет, его обслуживание связано с дополнительными расходами. Хотя эти расходы ведут к уменьшению уровня задолженности, они тем не менее долгое время составляют дополнительное бремя для заемщика.

В конечном итоге придется вернуть кредит и оплатить проценты по нему за весь период пользования кредитными деньгами. Таким образом, кредит дает возможность сегодня потратить ваши будущие деньги и еще оплатить эту привилегию. То есть мы берем в долг у собственного будущего.

На глобальном уровне использование редких природных ресурсов для непрерывного повышения уровня жизни эквивалентно жизни в кредит с тем лишь отличием, что занимаем не у себя, а у наших детей и внуков, оставляя им сам долг и проценты по нему.

Латание дыр. Брать в долг, чтобы погасить более ранние долги, – это классический пример того, как попытка решить проблему дает лишь временные результаты, а проблема возвращается в том же или еще худшем виде. Проценты увеличивают сумму долга, и при отсутствии надежного источника его покрытия может возникнуть порочный круг, в котором заимствование для погашения долга ведет к его наращиванию. Наши краткосрочные решения не устраняют фундаментальную причину, а значит проблема остается и усугубляется.

Если казалось бы решенная проблема возвращается, это явный признак того, что вы стали жертвой системного архетипа, который возникает вследствие чрезмерной концентрации внимания на текущих проблемах. Оперативное решение «взять кредит для покрытия долга» полезно только как временная мера, дающая какой-то срок, чтобы разобраться в проблеме и решить по существу. Для этого нужно сделать по крайней мере два шага:

- признать, что краткосрочные решения в конечном итоге не работают;
- найти и устранить базовую проблему.

Нередко краткосрочные решения перерождаются в привычку, от которой очень трудно избавиться. На рисунке 43 приведен паттерн «никотиновая зависимость». Из-за постоянных стрессов на работе человек нередко прибегает к курению как к облегчающему средству. Курение помогает расслабиться, иногда помогает концентрированию мысли, но, со временем, появляется никотиновая зависимость и уже без сигареты человек не просто не может думать – он не может полноценно жить.

В этой системной диаграмме нижний уравнивающий контур пытается «решить» проблему, но усиливающиеся правая внутренняя и внешняя петли подрывают здоровье и врожденную способность к релаксации, что, в свою очередь, ведет к увеличению стрессового состояния.

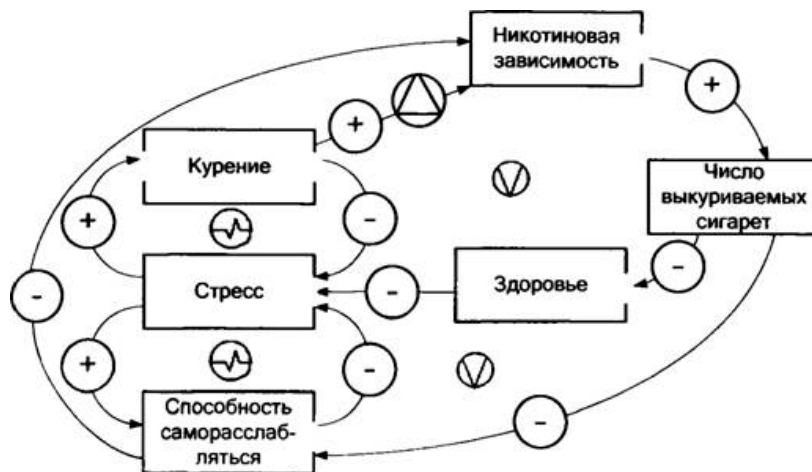


Рис. 73. Шаблонная модель «латание дыр» на примере «никотиновой зависимости»

Приведенная на рис. 73 системная диаграмма представляет собой архетип для всякого рода зависимости – достаточно в ней заменить слова «курение» и связанные с ним на другие, обозначающие пагубные привычки, например «брать в долг». Это означает, что можно впасть в зависимость от любой деятельности, если она используется для латания дыр.

Возникает резонный вопрос: как вырваться из порочного круга? Во-первых, полезным может оказаться любой способ, который помогает ослабить исходный уравнивающий контур, связанный с краткосрочным выходом из положения. Во-вторых, полезны любые методы и средства, способные усилить второй уравнивающий контур и тем самым позволить принципиально разрешить ситуацию. В-третьих, необходимо всякими доступными методами бороться с «никотиновой зависимостью» (третий и четвертый усиливающие контуры).

Эскалация. Иногда приходится попадать в ситуацию, когда ощущается угроза, «загнанность в угол», из которого не выбраться без ущерба для репутации. В то же время невозможно не продолжать игру, потому что ставки слишком высоки. Таков сюжет гонки вооружений, холодной войны и войны цен.

Так, в войне цен одна компания начинает снижать цены на свой товар. Другая компания, производящая аналогичный товар, понимает, что может лишиться доли рынка, и тоже снижает цены. Первая компания еще ниже опускает ценовую планку. Другой компании не остается ничего другого, как последовать ее примеру (рис. 74). В резуль-

тате обе компании могут понести крупные убытки. Но по ходу развития событий ни одна из них не может отступить, потому что вторая перехватит клиентов. Обе стороны действуют в ответ на угрозу и ведут себя одинаково. В этой системе два уравнивающих контура создают ситуацию обостряющегося конфликта.

В подобных обстоятельствах существуют три точки эффективного приложения усилий.

Во-первых, можно попытаться повлиять на ментальные модели участников конфликта. Поскольку обе стороны полагают, что сражаются за ограниченный ресурс и каждая из них может приобрести только то, что потеряет другая, такая ситуация возникает при одинаковой ментальности сторон. Каждая рассматривает себя как обороняющуюся, а в другой видит агрессора. Но стоит поменять свою точку зрения хотя бы одной стороне – и пагубная система разрушится.

Во-вторых, следует детально разобраться в природе сравнения, осуществляемого в центральном элементе системной диаграммы. Действительно ли обе стороны сравнивают одно и то же и нет ли возможности по-другому, менее жестко определить содержание этого сравнения?

В-третьих, есть возможность подняться на более высокий уровень и задаться вопросом, какая глобальная цель могла бы включать стремления обеих сторон. Если ответ на этот вопрос существует, то можно найти способ удовлетворения нужд обеих сторон на более высоком уровне, следуя принципу «и волки сыты, и овцы целы».

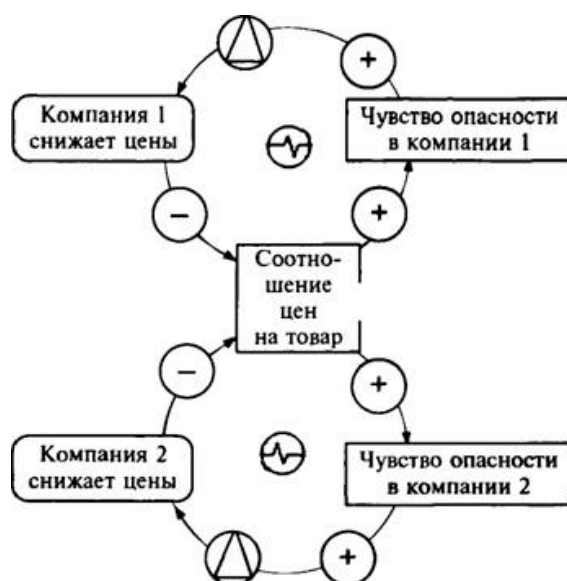


Рис. 74. Шаблонная модель «эскалация»

Монополия. Эскалация – это одна из реакций на конкуренцию. Другая заключается в медленном и кажущемся неизбежным изменении положения в пользу какой-либо из конкурирующих сторон. Представим себе на рынке две публичные (открытые) компании, привлекающие инвестиции для своего развития. Одна компания начинает с небольшим преимуществом и добивается значительного успеха. Он обусловлен тем, что все большее число людей, фондов и фирм инвестируют в эту компанию. А чем больше вкладчиков, тем больше желающих к ним присоединиться. В результате складывается сюжет «везучим везет» или «успех к успеху» (рис. 75). В данном случае более успешной является компания А.

Для шаблонной модели «монополия» предполагается наличие конкурентной среды. Как и в случае шаблонной модели «эскалация», здесь предполагается, что ресурсы ограничены и выигрыш одной стороны влечет за собой такой же проигрыш другой стороны.

Это очень расточительный подход. Существует явный смысл формирования таких ценностей и среды развития бизнеса, чтобы все могли вносить вклад в достижение высших целей. В этом случае возникают следующие вопросы:

- действительно ли нельзя обойтись без конкуренции;
- какова та главная цель, к которой стремятся обе стороны;
- за какие именно ограниченные ресурсы идет борьба;
- существует ли поле для сотрудничества обеих сторон.

Возникновение паттерна «монополия» в поведении систем в решающей мере определяется тем, что ресурсы, необходимые для достижения успеха, еще используются как средство вознаграждения за достигнутый успех. Победителей поощряют средствами, необходимыми для следующих побед. Этот системный архетип особенно несправедлив еще и потому, что он кроме поощрения победителей еще наказывает проигравших. Когда общество распределяет блага в соответствии с этой логикой, то результатом являются унижение, несправедливость и гнев. Если довести логику этого архетипа до предела, то это может вызвать протест с далеко идущими социальными последствиями.

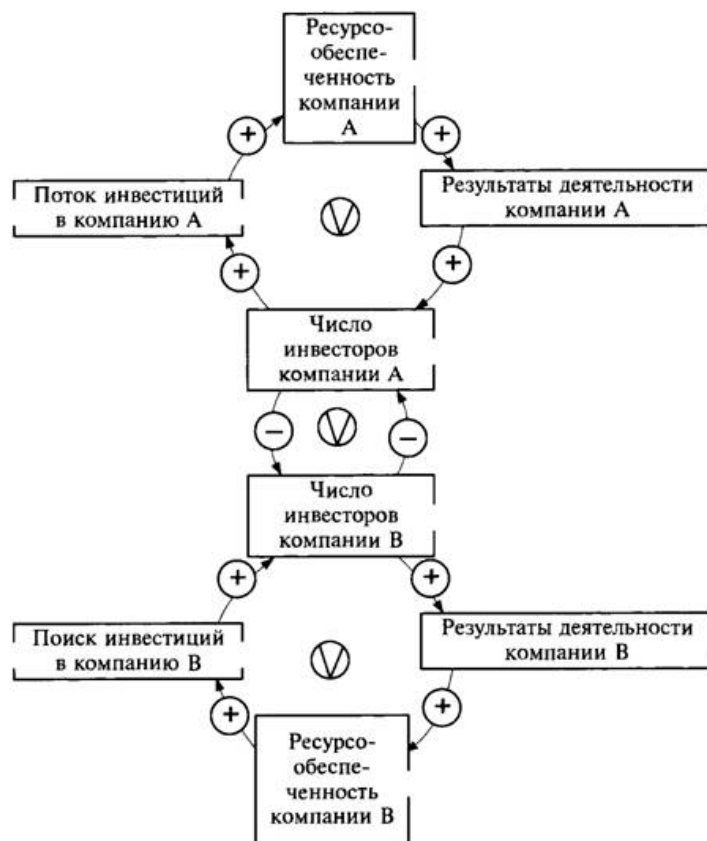


Рис. 45. Шаблонная модель «монополия»

Модель IDEF0

IDEF0 используется для создания *функциональной модели*, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемые этими функциями.

Методология IDEF0 незначительно отличается от классической схемы описания бизнес-процессов DFD. Основным отличием является классификация входов работы.

Классификация входов и выходов работ. Стандарт предлагает следующую типизацию входов работ (рисунок 46):

- **Вход.** Входит в работу слева и показывает информационные и материальные потоки, которые преобразуются в бизнес процессе.
- **Управление.** Входит в работу сверху и показывает материальные и информационные потоки, которые не преобразуются в процессе, но нужны для его выполнения.
- **Механизм.** Входит в работу снизу и показывает людей, технические средства, информационные системы и т.п., при помощи которых бизнес процесс реализуется.
- **Результаты** выходят из блока справа.

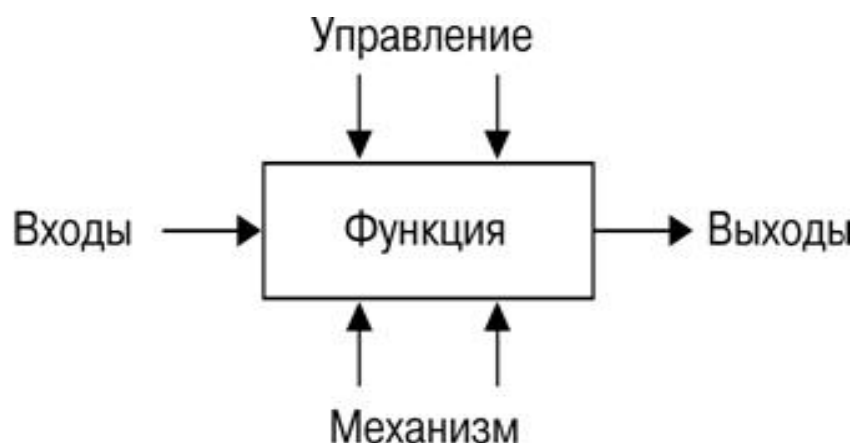


Рис. 46. Классификация входов и выходов работ

Основные элементы диаграммы. Основу графического языка IDEF0, синтаксис и семантика которого определены с абсолютной строгостью, составляют блоки и соединяющие их стрелки, которые формируют иерархию детализируемых диаграмм (см. таблицу).

Элемент	Графическое изображение и значение	Требования к оформлению
Функциональный блок	Изображается в виде прямоугольника. Представляют функции, определяемые как деятельность, процесс, операция, действие или преобразование.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Должен иметь уникальный идентификационный номер в правом нижнем углу; 2. Название должно быть в отглагольном наклонении.
Интерфейсная дуга (стрелка, дуга)	Изображается в виде однонаправленной стрелки. Представляют данные или материальные объекты, связанные с функциями.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Должна иметь уникальное наименование. 2. Наименование должно быть оборотом существительного. 3. Началом и концом дуги могут быть только функциональные блоки. 4. Источником может быть только выходная сторона блока, а приемником любая из трех оставшихся.

IDEF0 – модель включает следующие документы, которые ссылаются друг на друга:

- Графические диаграммы – главный компонент IDEF0-модели, который графически, с помощью блоков и стрелок и их соединений, отображает информацию о моделируемой системе. Блоки представляют основные функции. Эти функции могут быть разбиты (декомпозированы) на составные части и представлены в виде более подробных диаграмм. Процесс декомпозиции продолжается до тех пор, пока объект не будет описан на уровне детализации, необходимом для достижения целей конкретного проекта.

- Текст;

- Глоссарий – для каждого элемента диаграммы создается и поддерживается набор определений, ключевых слов, пояснений, характеризующих объект, который представляет данный элемент. Этот набор называется глоссарием и является описанием сущности данного элемента. Глоссарий гармонично дополняет наглядный графический язык, снабжая диаграммы необходимой дополнительной информацией.

Принцип декомпозиции при построении модели бизнес процессов.

1. Контекстная диаграмма: цель и точка зрения. Моделирование бизнес процесса начинается с контекстной диаграммы. Эта диаграмма называется А-0 (А минус ноль). На ней система представляется в виде одного блока и дуг, изображающих окружение системы. С помощью диаграммы можно увидеть взаимодействие моделируемой системы с внешней средой, все ее входы и выходы. Диаграмма А-0 устанавливает область моделирования и границы (рис. 77).

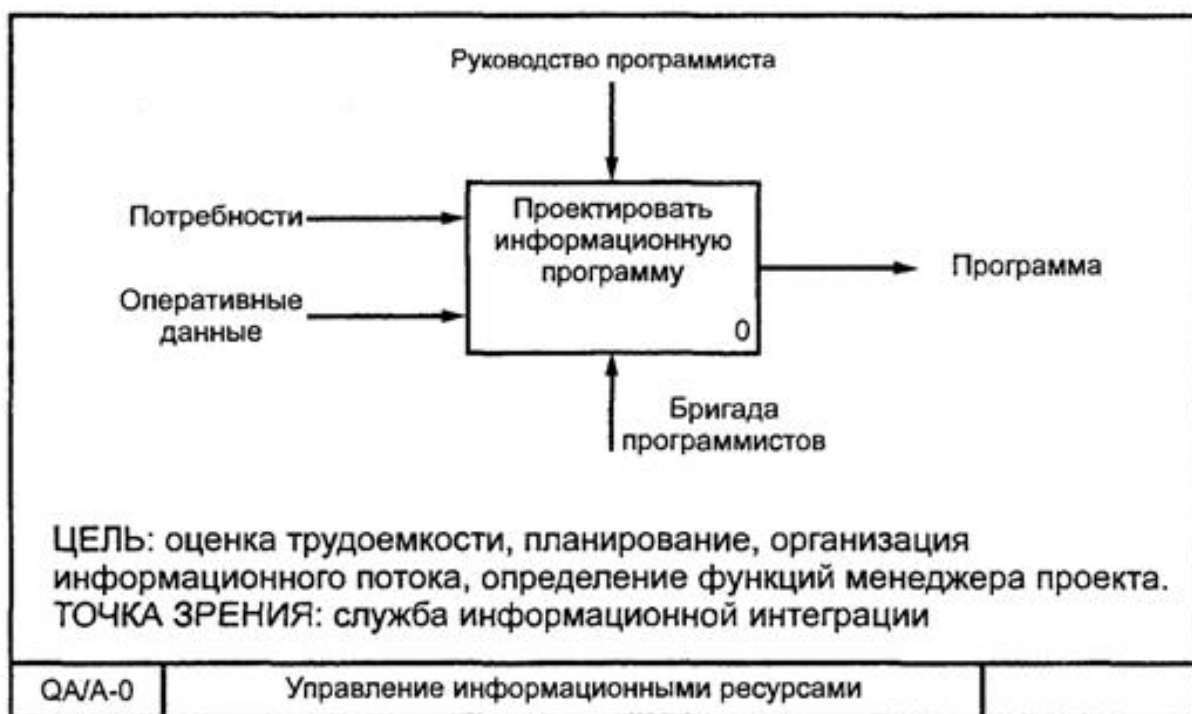


Рис. 77. Диаграмма А-0

В пояснительном тексте к контекстной диаграмме должна быть указана цель построения диаграммы и зафиксирована точка зрения. Точка зрения определяет уровень детализации, направление развития модели и позволяет разгрузить модель. Так при моделировании можно отказаться от детализации и исследования отдельных элементов, не являющихся необходимыми, исходя из выбранной точки зрения на систему.

2. Детализация. Затем блок, который отображает всю систему, детализируется на другой диаграмме.

Далее каждая функция диаграммы может быть детализирована на дочерней. Каждая функция моделируется отдельным блоком. Каждый родительский блок подробно описывается дочерней диаграммой на более низком уровне. Так происходит до тех пор, пока не будет получена структура, позволяющая ответить на вопросы, сформулированные в цели моделирования (рис. 78).

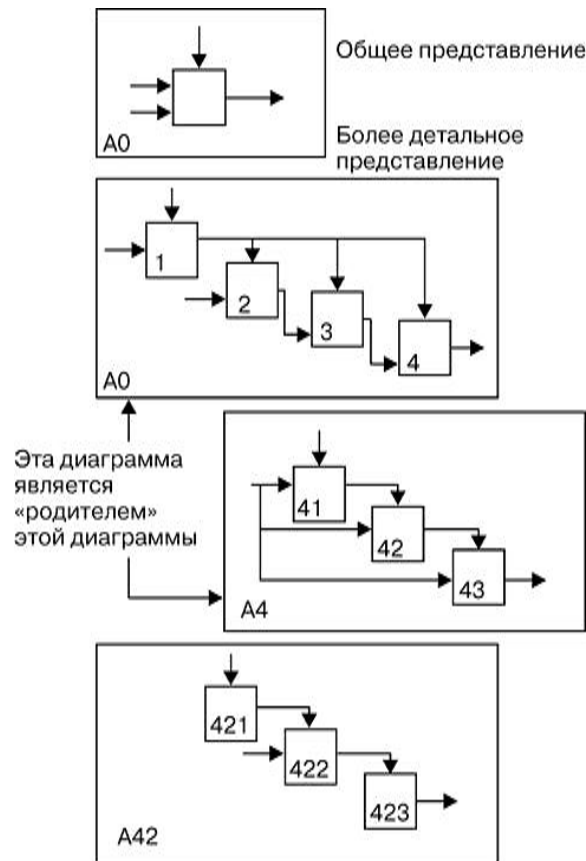


Рис. 78. Детализация

Для достижения структурной целостности модели, используются следующие правила:

- Все интерфейсные дуги, входящие в данный блок, или исходящие из него фиксируются на дочерней диаграмме.
- При нумерации блоков, цифра в правом нижнем углу прямоугольника указывает на уникальный порядковый номер самого блока на диаграмме, а обозначение под правым углом указывает на номер дочерней для этого блока диаграммы.

Принцип туннелирования. Часто бывают случаи, когда отдельные стрелки не имеет смысла продолжать рассматривать в дочерних диаграммах ниже какого-то определенного уровня в иерархии, или наоборот – отдельные блоки не имеют практического смысла выше какого-то уровня. С другой стороны, иногда возникает необходимость избавиться от отдельных “концептуальных” стрелок и не детализировать их глубже некоторого уровня.

Для решения подобных задач в стандарте IDEF0 предусмотрено понятие туннелирования. Обозначение “туннеля” в виде двух круглых скобок вокруг начала стрелки обозначает, что эта стрелка не была унаследована от функционального родительского блока и появилась (из “туннеля”) только на этой диаграмме. В свою очередь, такое же обозначение вокруг конца стрелки в непосредственной близости от блока – приёмника означает тот факт, что в дочерней по отношению к этому блоку диаграмме эта стрелка отображаться и рассматриваться не будет.

Принцип ограничения сложности. Для того, чтобы ограничить перегруженность моделей и сделать их удобными для восприятия, в стандарте приняты соответствующие ограничения сложности:

- ограничение количества функциональных блоков на диаграмме тремя-шестью. Верхний предел (шесть) заставляет разработчика использовать иерархии при описании сложных предметов, а нижний предел (три) гарантирует, что на соответствующей диаграмме достаточно деталей, чтобы оправдать ее создание;
- ограничение количества подходящих к одному функциональному блоку (выходящих из одного функционального блока) интерфейсных дуг четырьмя.

Количественный анализ диаграмм: коэффициент сбалансированности и оценка имен. Для анализа диаграммы с точки зрения ее перегруженности и сложности для восприятия, используется количественный анализ. Для анализа используются следующие показатели:

- количество блоков на диаграмме – N ;
- уровень декомпозиции диаграммы – L ;
- сбалансированность диаграммы – B ;
- число стрелок, соединяющихся с блоком, – A .

Коэффициент сбалансированности. Необходимо стремиться к тому, чтобы количество блоков на диаграммах нижних уровней было ниже количества блоков на родительских диаграммах.

Так же диаграммы должны быть сбалансированы. Это означает, что в рамках одной диаграммы не должно происходить ситуации, ко-

гда входящих стрелок и стрелок управления значительно больше, чем выходящих.

Введем коэффициент сбалансированности диаграммы:

$$K_b = \left| \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N} - \max_{i=1}^N (A_i) \right|.$$

Необходимо стремиться, чтобы K_b был минимален для диаграммы и убывал с увеличением уровня декомпозиции.

Оценка имен. Помимо анализа графических элементов диаграммы необходимо рассматривать наименования блоков. Для оценки имен составляется словарь элементарных (тривиальных) функций моделируемой системы. Фактически в данный словарь должны попасть функции нижнего, уровня декомпозиции диаграмм.

После формирования словаря и составления пакета диаграмм системы необходимо рассмотреть нижний уровень модели. Если на нем обнаружатся совпадения названий блоков диаграмм и слов из словаря, то это говорит, что достаточный уровень декомпозиции достигнут.

Коэффициент, количественно отражающий данный критерий, можно записать как:

$L * C$ – произведение уровня модели на число совпадений имен блоков со словами из словаря. Чем ниже уровень модели (больше L), тем ценнее совпадения.

Пример. Расчет допустимых скоростей движения поездов является трудоемкой инженерной задачей. При проходе поездом какого-либо участка фактическая скорость движения поезда не должна превышать предельно допустимую. Эта предельно допустимая скорость устанавливается исходя из опыта эксплуатации и специально проводимых испытаний по динамике движения и воздействию на путь подвижного состава. Непревышение этой скорости гарантирует безопасность движения поездов, комфортабельные условия езды пассажиров и т. п. Они определяются в зависимости от типа подвижного состава (марки локомотива и типа вагонов), параметров верхнего строения пути (типа рельсов, балласта, эпюры шпал) и плана (радиуса кривых, переходных кривых, возвышения наружного рельса и т. д.).

Как правило, для установления допускаемых скоростей необходимо определить не менее двух (на прямых) и пяти (в кривых) скоростей, из которых и выбирается окончательная допускаемая скорость, как наименьшая из всех рассчитанных. Расчет этих скоростей регламентируются Приказом МПС России № 41 от 12 ноября 2001 г. «Нормы допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм Федерального железнодорожного транспорта».

Как было отмечено, построение модели IDEF0 начинается с представления всей системы в виде простейшей компоненты (контекстной диаграммы). Данная диаграмма отображает назначение (основную функцию) системы и необходимые входные и выходные данные, управляющую и регламентирующую информацию, а также механизмы.

Контекстная диаграмма для задачи определения допускаемых скоростей показана на рис. 79.

В качестве исходной информации, на основе которой выполняется определение допускаемых скоростей, используются:

- данные проекта новой линии или проекта реконструкции (содержат всю необходимую информацию для реализации проекта, а именно километраж, оси отдельных пунктов, план линии и др.);
- подробный продольный профиль (содержит информацию, аналогичную рассмотренной выше);
- паспорт дистанции пути (содержит информацию, аналогичную рассмотренной выше, а также сведения о верхнем строении пути (ВСП));
- данные о результатах съемки плана пути вагоном-путеизмерителем;
- ведомость возвышений наружного рельса в кривых (содержит информацию о плане пути).

Часть исходной информации может быть взята из разных источников. В частности сведения о плане (параметрах кривых) могут быть взяты из проекта новой линии или проекта реконструкции, подробного продольного профиля, паспорта дистанции пути и т.д.



Рис. 79. Контекстная диаграмма системы определения допустимых скоростей (методология IDEF0)

Управляющими данными являются:

- указание начальника службы пути дороги или Департамента пути и сооружений ОАО «РЖД» на расчет;
- Приказ № 41, содержащий нормативно-справочную информацию, порядок и формулы определения допустимых скоростей;
- сведения о текущем или планируемом поездопотоке (данные о марках обращающихся локомотивов и типах используемых вагонов);
- сведения о планируемых ремонтах пути, реконструкции и переустройстве сооружений и устройств.

Результатом работы системы должны быть:

- ведомости допустимых скоростей, содержащие все типы рассчитанных скоростей и позволяющие установить причину их ограничения;
- ведомости Приказа начальника дороги об установлении допустимых скоростей на перегонах и отдельных пунктах (Приказ «Н») согласно принятой на дороге форме. Утвержденный Приказ «Н» официально закрепляет допустимые скорости движения поездов;
- типовые формы № 1, 1а и 2, содержащие планируемые допустимые скорости для разработки графика движения поездов.

Скорости, содержащиеся в Приказе «Н» и типовых формах, могут отличаться от рассчитанных и показываемых в ведомостях допус-

каемых скоростей. Это связано с тем, что в них отражают ограничения скорости не только по конструкции подвижного состава, параметров ВСП и кривых, но и по состоянию устройств и сооружений (деформация земляного полотна, перекося опор контактной сети и т. д.). Кроме того, они корректируются с учетом планируемых ремонтов пути, реконструкции и переустройства сооружений и устройств и т.д.

После построения контекстная диаграмма детализируется с помощью диаграммы декомпозиции первого уровня. На этой диаграмме отображаются функции системы, которые должны быть реализованы в рамках основной функции. Диаграмма, для которой выполнена декомпозиция, по отношению к детализирующим ее диаграммам называется родительской. Диаграмма декомпозиции по отношению к родительской называется дочерней.

Диаграмма декомпозиции первого уровня для рассматриваемой задачи приведена на рис. 80. Как правило, при построении диаграммы декомпозиции исходная функция (декомпозируемая) разбивается на 3–8 подфункций (блоков). При этом блоки на диаграмме декомпозиции рекомендуется располагать слева направо сверху вниз, чтобы лучше была видна последовательность и логика взаимодействия подфункций.

Очередность выполнения функций для решения рассматриваемой задачи следующая:

- ввод и корректировка нормативно-справочной информации и данных по участкам дороги (блоки 1 и 2);
- подготовка задания на расчет (блок 3). В нем указывается, для какого участка и пути, а также марки локомотива и типа вагонов следует выполнить расчет;
- расчет допускаемых скоростей в соответствии с порядком и формулами, указанными в Приказе № 41 (блок 4). В качестве исходной информации выступают данные по пути участка (план, верхнее строение пути и т. д.) и нормативы, выбираемые на основании задания на расчет;
- формирование ведомостей допускаемых скоростей (блок 5). На базе результатов расчета создаются несколько видов выходных документов, которые, с одной стороны, позволяют выявить причину ограничений скорости, с другой стороны, выступают в качестве основы для подготовки регламентированных документов;

- формирование и подготовка проекта Приказа «Н» и типовых ведомостей (блоки 6 и 7).

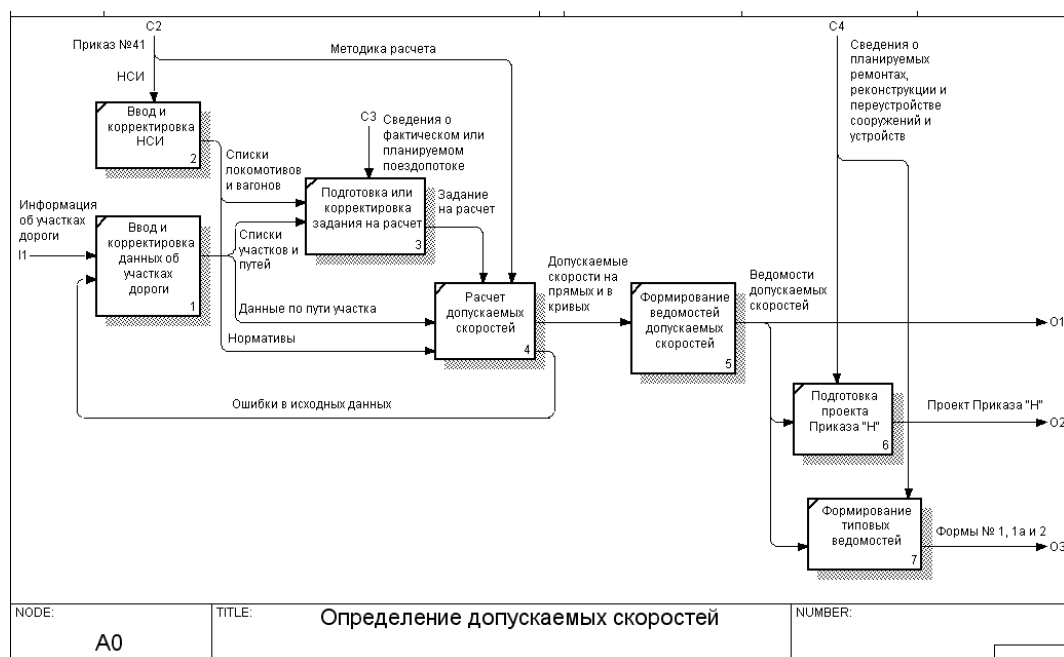


Рис. 80. Диаграмма декомпозиции первого уровня (методология IDEF0)

После построения диаграммы декомпозиции первого уровня для указанных на ней функций строятся отдельные диаграммы (диаграммы декомпозиции второго уровня). Затем процесс декомпозиции (построения диаграмм) продолжается до тех пор, пока дальнейшая детализация функций не теряет смысла. Для каждой атомарной функции, описывающей элементарную операцию (т. е. функции, не имеющей диаграммы декомпозиции), составляется подробная спецификация, определяющая ее особенности и алгоритм реализации. В качестве дополнения к спецификации могут использоваться блок-схемы алгоритмов. Таким образом, процесс функционального моделирования заключается в постепенном выстраивании иерархии функций.

Вопросы и задания

1. Приведите примеры элементов системных диаграмм типа "уровень".
2. Приведите примеры элементов системных диаграмм типа "поток".
3. Приведите примеры элементов системных диаграмм типа "процесс".

4. Приведите примеры элементов системных диаграмм типа "событие".

5. Приведите системную диаграмму паттерна "личные финансы" и дайте ей смысловую интерпретацию.

6. Укажите точки приложения корректирующих усилий для балансировки" паттерна "личные финансы" и дайте характеристику этим усилиям.

7. Приведите системную диаграмму паттерна "кредитный заем" и дайте ей смысловую интерпретацию.

8. Соедините в одной системной диаграмме паттерны "личные финансы" и "кредитный заем" и на этой основе попробуйте развить фабулу системного сюжета.

9. Расскажите о методологии IDEF0. Перечислите основные этапы построения диаграмм. Приведите пример.

10. Решите задачу.

Задана предметная область – ООО «Мебельная фабрика ***». Предприятие занимается серийным производством качественной мебели эконом-класса. Производство мебели осуществляется как на заказ для партнеров компании, так и для продажи розничным покупателям.

Описание основных процессов деятельности мебельной фабрики. Основными процессами фабрики являются: работа с заказчиками, работа с поставщиками по обеспечению основной деятельности, производственные процессы, реализация продукции. На этапе поступления заказа с клиентом работает менеджер по продажам. Первоначально согласовываются условия выполнения заказа, в случае несогласования условий проводятся дополнительные переговоры, которые могут завершиться согласованием условий заказа и подписанием договора либо несогласованием условий заказа. В случае подписания договора формируется заказ на производство, для которого выявляется наличие необходимых материалов на складе. При необходимости формируется заявка поставщику, на основании которой оформляется товарная накладная. Проверяется соответствие доставленных материалов товарной накладной. Проверенные материалы принимаются к учету. В случае наличия материалов на складе происходит их резервирование под полученный от клиента заказ. Ключевым процессом является планирование программы производства. Планирование осу-

ществляется на базе анализа заказов. Составляется план производства изделий по сменам, на основании плана разрабатываются задания на производство. Материалы списываются по факту расходования. Производство мебели осуществляется по утвержденным стандартам. По окончании смены рабочий формирует отчет по производству за смену. Автоматизированная система необходима предприятию для осуществления контроля производственных процессов, сокращения временных затрат на оформление документации по производству. Большая часть информации хранится и передается в виде бумажных документов (договоры, документы по производству и т. д.). Деятельность предприятия автоматизирована не полностью, на предприятии достаточно большой объем оформляемой документации, что замедляет работу административного персонала.

Необходимо для заданной предметной области «Мебельная фабрика***» построить бизнес-процессы в нотации IDEF0.

Тема 8. ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МНОГИХ КРИТЕРИЯХ

Вопросы, рассматриваемые при изучении темы

1. Постановка задачи векторной оптимизации и классификация многокритериальных методов.
2. Выбор рациональной стратегии с использованием многих критериев.
3. Принцип согласованного оптимума В. Парето.
4. Приемы поиска Парето-оптимальных решений.
5. Общая технологическая схема принятия решений при многих критериях.
6. Циклы проектирования и уровни оптимизации сложных технических систем.
7. Структурная оптимизация систем, как процесс принятия решений.
8. Метод ФСА (функционально-стоимостного анализа).
9. Метод комплексной оценки структур.
10. Методика многокритериального выбора рациональных структур.

11. Принятие решений в процессе системного проектирования.
12. Структурная оптимизация локальной информационно-вычислительной сети.
13. Принятие решений в процессе системного проектирования.
14. Схема информационного взаимодействия при формировании облика системы.
15. Сущность задач системного проектирования и природа многоканальности.
16. Методика сравнительной оценки 2-х структур по степени доминирования.
17. Методика структурного анализа с использованием функций полезности.
18. Методика для экспресс – анализа структур при многих критериях (оперативного анализа структур)
19. Интерактивная процедура идентификации предпочтений ЛПР на множестве частных критериев.
20. Методика для экспресс - анализа структур при многих критериях (оперативного анализа структур).
21. Методика скаляризации векторных оценок для ранжирования структур.
22. Отсев неперспективных структур в процессе их проверки на перспективность.
23. Принципы организации систем поддержки принятия решений.

Краткое содержание темы

Классификация задач принятия решений

Все задачи принятия решений делятся на:

- 1) Однокритериальные (на основе 1 критерия);
- 2) Многокритериальные

По виду решения:

- дискретные(множество решений конечно);
- непрерывные

Проблемы при выборе решений при множестве критериев:

- противоречивость критериев;
- невозможность аналитического выражения связей между коэффициентами по разным критериям;

- оценки по разным критериям могут иметь разный вид (да, нет, хорошо, очень хорошо);
- численные критерии отличаются по размерности, направлению и т.п.;
- различие критериев по важности;
- перечень альтернатив для выбора;
- перечень критериев по которым следует сравнивать альтернативы;
- суждения о важности критериев;
- ограничения по отдельным критериям;
- парные сравнения альтернатив.

Основные методы:

1) переход от оценок различного вида к оценкам экспертного вида.

2) для числовых оценок используется переход к оценкам, значение которых лежит от 0 до 1 и идут к макс.

3) перевод словесных оценок в числовую форму с использованием шкалы Харингтона, при этом оценка соответствует значениям 0,8-1; 0,63-0,8; 0,37-0,63; 0,2-0,37; 0-0,2 (эти значения могут меняться).

Классификация процедур принятия решений

Класс	Пример	Решение задачи
	Методы на основе лексикографического упорядочивания критерия	Непрерывно дискретные задачи с чётким различием по критериям важности
Методы на основе компенсации критерия	Метод последовательных уступок	Непрерывно дискретная задача с небольшим числом критериев
На основе вычисления обобщённых оценок альтернатив	Метод эффективной стоимости, оценки структур, функции полезности	Дискретные задачи с числовыми критериями
Методы на основе попарных альтернатив	Метод анализа и иерархии, метод Электра	Дискретные задачи с критерием любого вида
Методы на основе выявления суждения ЛПР	Метод-запрос	Дискретные задачи с критерием любого вида

Оптимум Парето

Оптимум Парето – относительный критерий эффективности (оптимальности) функционирования экономической системы, который конкретизирует состояние оптимальности в следующем принципе: это достижение ситуации, когда никто не может улучшить свое положение без одновременного ухудшения положения кого-либо другого. «Оптимумом Парето» называют такое увеличение производства какого-либо блага, которое не вызывает снижения производства другого блага. С точки зрения общества в целом, максимальная полезность имеет место тогда, когда лицо, совершающее те или иные действия, не уменьшает полезности, извлекаемой другими лицами.

Данная формулировка «оптимума Парето» относится к потреблению. Однако более важным В. Парето считал все-таки определение оптимума применительно к производству: определенная структура производства при данных ресурсах производства и данной технике становится, согласно его подходу, оптимальной тогда, когда увеличение производства одного блага неосуществимо без одновременного снижения производства какого-либо другого блага. Эта оптимальная ситуация возникает тогда, когда предельные производительности факторов производства во всех вариантах их применения равны. «Оптимум Парето» приобрел в макроэкономической теории статус главного инструмента теоретического анализа проблематики благосостояния.

В. Парето заменил критерий максимизации полезности, сформулированный его учителем Вальрасом. Критерий Парето построен на измерении соотношения предпочтений конкретного индивида, на выявлении порядковых (ординальных) величин, характеризующих их очередность. Использование «оптимума Парето» позволяет принимать оптимальные решения, что он иллюстрировал с помощью «кривых безразличия» – кривых, показывающих те соотношения между различными товарами, которые являются для потребителя равнозначными с точки зрения полезности. Точка касания кривой безразличия и линии, показывающей бюджетные ограничения покупателя, характеризуют оптимальное решение, т.е. набор продуктов, приносящий потребителю максимальную пользу (обладающий максимальной полезностью в условиях данного бюджетного ограничения – наличия у потребителя данной суммы денег, предназначенных для покупки этих

продуктов), т.е. такие их комбинации, которые обеспечивают одинаковый уровень удовлетворения.

Функционально-стоимостный анализ

Функционально-стоимостный анализ (функционально-стоимостной анализ, ФСА) – метод системного исследования функций объекта с целью поиска баланса между себестоимостью и полезностью. Начало методу положили наработки советского инженера Ю. М. Соболева (поэлементный экономический анализ, ПЭА) и американца Л. Д. Майлса (value analysis/value engineering, VA/VE). Термин «функционально-стоимостной анализ» введён в 1970 году Е. А. Граппом.

Используется как методология непрерывного совершенствования продукции, услуг, производственных технологий, организационных структур.

Суть метода – поэлементная отработка конструкции. Ю.М. Соболев предложил рассматривать каждый элемент конструкции в отдельности, разделив элементы по принципу функционирования на основные и вспомогательные. Из анализа становилось ясно, где «спрятаны» излишние затраты. Соболев применил свой метод на узле крепления микротелефона, и ему удалось сократить перечень применяемых деталей на 70 %.

Задачей ФСА является достижение наивысших потребительских свойств продукции при одновременном снижении всех видов производственных затрат. Классический ФСА имеет три англоязычных названия-синонима – Value Engineering, Value Management, Value Analysis. Не следует путать метод ФСА, как это имеет место у некоторых авторов, с методом ABC (Activity Based Costing).

Сегодня в экономически развитых странах практически каждое предприятие или компания используют методологию функционально-стоимостного анализа как практическую часть системы менеджмента качества, наиболее полно удовлетворяющую принципам стандартов серии ИСО 9000.

Основные идеи ФСА:

- Потребителя интересует не продукция как таковая, а польза, которую он получит от её использования.
- Потребитель стремится сократить свои затраты.

- Интересующие потребителя функции можно выполнить различными способами, а, следовательно, с различной эффективностью и затратами.

- Среди возможных альтернатив реализации функций существуют такие, в которых соотношение качества и цены является оптимальным для потребителя.

Технология применения ФСА, основываясь на выявлении всех функций исследуемого объекта и соотнесении их с его элементами (детальями, узлами, сборочными единицами), нацелен на минимизацию полной стоимости выполнения этих функций. Для этого необходимо знать функциональную структуру объекта, стоимость отдельных функций и их значимость.

Стоимость функций включает затраты на материалы, изготовление, сборку, транспортировку и последующие обслуживание и утилизацию и т.п. (этот круг определяется целями задачи и жизненным циклом). Эффективны действия, направленные на совмещение выполнения одной частью изделия нескольких функций и на максимальную реализацию принципа ИКР (функция выполняется, а её носителя нет). На практике это достигается, если стоимость нового объекта, совмещающего ряд функций, будет меньше суммарной стоимости нескольких объектов, выполнявших эти функции по отдельности. Стоит отметить, что важнее искать ненужные и неэффективно работающие части изделия и отказываться от них, а не снижать их стоимость.

Для проведения анализа необходимо знание не только стоимости функций, выполняемых исследуемым изделием, но и стоимость выполнения аналогичных функций другими доступными деталями или узлами. Возможно назначение стоимости в виде сравнительных оценок – отталкиваться от стоимости исходной функции, принимаемой за единицу.

В первую очередь минимизируют стоимость выполнения главных функций. При этом качество функционирования изделия стремятся сохранить на прежнем уровне. Однако не следует упускать из внимания и вспомогательные функции, часто решающим образом определяющие спрос на выпускаемое изделие (например, внешняя привлекательность, удобство эксплуатации и т.п.). Это указывает на

важность знания не только стоимости каждой функции, но и её ценности (значимости).

На стоимость функции влияют:

- стоимость реализации принципа действия: энергетические затраты, доступность и стоимость материалов, последствия от побочных эффектов и т.д.;

- структурные признаки: простота (технологичность) форм деталей, их взаимное расположение и количество (разнообразие) и т.д.;

- параметрические характеристики: материалоемкость деталей, их размеры и качество поверхностей, точность изготовления и сборки и т.д.

Следует помнить, решение задачи методом ФСА конкретно и зависит от условий производства и применения исследуемого изделия. Например, на стоимость изделия влияют отличия в цене на электроэнергию в разных районах, имеющееся на данном заводе оборудование.

ФСА можно вести бессистемно с целью решения какой-то частной задачи. Например, рассматривается шероховатость некоторой поверхности. Почему здесь нужно такое качество поверхности? Нельзя ли его понизить (а, следовательно, заменить, допустим, шлифование точением) и что для этого нужно сделать или изменить?

Эффективное проведение ФСА включает выполнение следующих этапов:

1. Планирование и подготовка: уточняется объект и цели (минимизация стоимости или повышение качества выполнения функции при сохранении прежней стоимости), формируется рабочая группа. Информационный: сбор сведений по условиям применения и изготовления изделия, требованиям к его качеству, возможным проектными решениям, недостаткам.

2. Аналитический: составление функциональной структуры, определение стоимости и ценности отдельных функций, выбор направления работы.

3. Поисковый: улучшение решения на основе привлечения эвристических, математических и экспериментальных методов, выбор лучших вариантов.

4. Рекомендательный: оформление протоколов и рекомендаций по реализации предложений.

Существует большое количество методов и алгоритмов многокритериального выбора альтернатив, основанных на применении функций полезности. Под функциями полезности понимаются функции

$$P = F_i(X), i = 1, \dots, M,$$

описывающие зависимость полезности альтернатив с точки зрения ЛПР (P) от оценок этих альтернатив по i -му критерию (X); здесь M – количество критериев. Меры полезности P обычно принимают значения из диапазона от нуля до единицы (чем лучше альтернатива с точки зрения ЛПР, тем выше ее мера полезности). Функции полезности строятся на основе информации, полученной от ЛПР. На основе мер полезности по отдельным критериям рассчитываются обобщенные меры полезности альтернатив, т. е. оценки, отражающие предпочтение альтернатив по всем критериям.

Для построения функции полезности от ЛПР обычно требуется получить следующую информацию:

- суждения о том, какие значения критериев желательны, а какие – нежелательны;
- суждения о компенсации одних критериев другими;
- парные сравнения альтернатив с определенными оценками.

Методы анализа и выбора решений на основе функций полезности имеют следующие достоинства:

- хорошая теоретическая обоснованность: разработан строгий математический аппарат (не рассматриваемый в данном пособии), описывающий свойства функций полезности и правила их построения. По степени теоретической обоснованности методы на основе функций полезности превосходят все остальные методы многокритериального анализа альтернатив;

- высокая степень учета суждений ЛПР о предпочтительности альтернатив;

- алгоритмы на основе функций полезности реализованы в ряде действующих компьютерных систем поддержки принятия решений (СППР).

В то же время рассматриваемые методы имеют следующие недостатки:

- сложность получения от ЛПР информации, необходимой для построения функций полезности (особенно – информации о компенсациях одних критериев другими);

- применение функций полезности затрудняется при использовании критериев с оценками, отличными от числовых (словесные оценки, оценки “да-нет”, оценки в виде ранжирований альтернатив и т. д.).

Функции полезности имеют следующий вид:

- для критериев, подлежащих максимизации:

$$I_1 = I_{1k} + I_{1k}$$

- для критериев, подлежащих минимизации:

$$\frac{w}{h} \geq 1$$

где X_{ij} – оценка j -й альтернативы по i -му критерию;

$$Z_0 = \frac{120\pi / \sqrt{\varepsilon_{\exists\#}}}{w/h + 2,42 - 0,44h/w + (1 - h/w)^6},$$

$\varepsilon_{\exists\#}$ – наиболее желательное и наименее желательное значение i -го критерия (эти величины, как правило, указываются ЛПР и представляют собой субъективные суждения); S – штрафной коэффициент, используемый для вычисления мер полезности альтернатив, у которых оценки хуже, чем наименее желательное значение по данному критерию (обычно используются значения S от 5 до 10); P_{ij} – мера полезности j -й альтернативы по i -му критерию.

Таким образом, предполагается, что полезность альтернативы пропорциональна ее оценкам по каждому из критериев (чем ближе оценка альтернативы к наиболее желательному значению, тем выше ее полезность).

Наиболее и наименее желательные значения каждого критерия указываются экспертом или ЛПР. В качестве наиболее желательного значения указывается значение критерия, полностью удовлетворяющее ЛПР. В качестве наименее желательного указывается предельно допустимое значение критерия; если альтернатива имеет оценку хуже наименее желательной, то она считается неприемлемой.

Если ЛПР затрудняется указать наиболее желательное (наименее желательное) значение критерия, то вместо него используется наилучшая (наихудшая) из имеющихся оценок альтернатив по соответствующему критерию.

Если оценка альтернативы по некоторому критерию лучше наиболее желательного значения данного критерия, указанного ЛПР, то мера полезности альтернативы по данному критерию принимается равной единице (так как предполагается, что значение, указанное в качестве наиболее желательного, вполне удовлетворяет ЛПР, и более высокие оценки не требуются). Поэтому такие оценки не дают альтернативе преимущества над другими альтернативами.

Если оценка альтернативы по некоторому критерию хуже наименее желательного значения данного критерия, указанного ЛПР, то мера полезности для такой альтернативы оказывается большим отрицательным числом (за счет умножения на штрафной коэффициент S). В результате такого “штрафа” альтернатива будет иметь низкую обобщенную меру полезности, рассчитываемую на основе мер полезности по отдельным критериям.

Для построения функций полезности указанного вида достаточно выяснить у ЛПР наиболее желательное и наименее желательное значение каждого из критериев. Как правило, для ЛПР не составляет сложностей указать эти величины. Недостаток таких функций полезности состоит в том, что они могут не в полной мере отражать суждения ЛПР.

Критерий Лапласа: решение принимается на основе предположения о том, что все варианты внешних условий равновероятны. Для каждой альтернативы находится средняя обобщенная мера полезности:

$$m_j^c = 2M + m_j, j=1, \dots, N,$$

Критерий Вальда (критерий крайнего пессимизма): решение принимается в расчете на худший вариант внешних условий. При этом необходимо учитывать, что обычно для разных альтернатив наихудшими являются разные варианты внешних условий (например, для одной технологической линии. Наименее подходящим является выпуск краски для наружных работ, для другой – выпуск краски для металлических поверхностей). Для каждой альтернативы находится минимальная обобщенная мера полезности, т. е. оценка для варианта внешних условий, который является для данной альтернативы наихудшим:

$$2m_2 j=1, \dots, N,$$

Критерий Гурвица: решение принимается с учетом того, что возможны как благоприятные, так и неблагоприятные внешние условия. Для каждой альтернативы находится обобщенная мера полезности, в которой учитываются оценки как для наилучших, так и для наихудших внешних условий:

$$m_2^c = 2M + m_1 + 2m_2 \quad j=1, \dots, N.$$

Вопросы и задания

1. Проклассифицировать многокритериальные методы.
2. Сформулировать принцип оптимума Парето.
3. Сформулировать основные определения системного проектирования, его принципы.
4. На конкретном примере (на выбор примера) осуществить системное проектирование.
5. Изложить основные этапы функционально – стоимостного анализа.
6. На конкретном примере (на выбор студента) осуществить функционально – стоимостный анализ.
7. Осуществить структурный анализ с использованием функций полезности.
8. На конкретном примере (на выбор студента) произвести экспресс – анализ структур.
9. На конкретном примере (на выбор студента) осуществить проверку перспективности структур.

Тема 9. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ЭКОНОМИКЕ

Вопросы, рассматриваемые при изучении темы

1. Природа сложности системных исследований. Типы систем по характеру связей между элементами: естественные, материальные, искусственные, социотехнические. Классификационная принадлежность экономических систем.
2. Отличительные характеристики экономических систем. Особенности исследования экономических систем. Рекомендации по проведению системного анализа экономических систем.

3. Этика системного анализа. Условия установления рабочих взаимоотношений между лицом, принимающим решения, и системным аналитиком.

Краткое содержание темы

Особенности экономических систем и области применения системного анализа в экономике

Принципиальной особенностью систем организации производства и управления экономикой на разных уровнях является то, что неотъемлемой их частью является человек. Это приводит к проявлению у системы особых свойств, принципиально отличающих ее поведение от функционирования технических систем, работающих в соответствии с жестко заданным законом.

Экономические системы имеют следующие особенности:

- изменчивость отдельных параметров системы и стохастичность ее поведения;
- уникальность и непредсказуемость поведения системы в конкретных условиях и наличие у нее предельных возможностей, определяемых имеющимися ресурсами;
- способность изменять свою структуру, сохраняя целостность, и формировать варианты поведения;
- способность противостоять энтропийным (разрушающим систему) тенденциям, обусловленная тем, что в системах с активными элементами, стимулирующими обмен материальными, энергетическими и информационными продуктами со средой, не выполняется закономерность возрастания энтропии, а также наблюдается самоорганизация, развитие;
- способность адаптироваться к изменяющимся условиям;
- способность и стремление к целеобразованию; в отличие от закрытых (технических) систем, которым цели задаются извне, в системах с активными элементами цели формируются внутри системы;
- неоднозначность использования понятий "система" и "подсистема", "цель" и "средство" и т.п.
- ограниченность формализованного описания. Эти особенности и берутся за основу при разработке моделей и методик системного анализа.

Рассмотренные особенности экономических объектов и характеристики систем с активными элементами показывают, что решение вопроса о необходимости представления объекта в виде системы и применения для его исследования, проектирования или организации процессов управления им системного анализа зависят от того, какая неопределенность в постановке задачи имеет место на начальном этапе ее рассмотрения.

В свою очередь неопределенность зависит от ряда факторов:

- необходимой и достаточной для конкретной задачи детализации описания объекта или ситуации принятия решения и точности решения;

- имеющихся к началу постановки задачи сведений об объекте у лиц, принимающих решение;

- возможности получения достоверной и точной информации;

- принципиальных особенностей объекта (например, может оказаться необходимым сохранить в нем некоторую неопределенность, энтропию, степени свободы), что является одним из условий, обеспечивающих развитие системы, ее совершенствование, самоорганизацию. Поэтому в принципе очень многие задачи, возникающие при управлении отраслями, регионами, предприятиями, объединениями и другими экономическими объектами, а также при проектировании сложных производственных комплексов могут потребовать применения системного анализа, хотя в ряде случаев эти же задачи могут быть решены традиционными математическими или инженерными методами.

Основная особенность системного анализа заключается в том, что он ориентирует исследователя не на моментальное решение проблемы определения окончательной модели объекта или процесса принятия решения (как это обычно имеет место при математическом моделировании или в изобретательской деятельности), а на разработку методики, содержащей средства, позволяющие постепенно формировать модель, обосновывая ее адекватность на каждом шаге формирования: вначале при выборе элементной базы, затем - при формулировании целей и выборе критериев, далее - при выборе методов моделирования, при получении вариантов решения, из которых выбирают лучший. Иными словами, в методике системного анализа главное -

процесс постановки задачи, а после получения модели часто (но не всегда) методика системного анализа становится ненужной.

На протяжении всей истории развития общества люди учились ставить задачи и без использования системного анализа, по аналогии, передавая опыт друг другу. Однако если возникали новые области деятельности, новые проблемы, то процесс их становления и отработки процедур постановки задач часто затягивался на довольно длительный период. По мере развития технологий ситуации принятия решений усложнились, и современная экономика характеризуется такими особенностями, что гарантировать полноту и своевременность постановки и решения многих экономических проектных и управленческих задач стало трудно без применения приемов и методов постановки сложных задач, которые и разрабатывают рассмотренные выше обобщающие направления и, в частности, системный анализ.

Таким образом, системный анализ может применяться на этапе постановки любой задачи, если возникают сложности с выбором модели и доказательством ее адекватности. Достаточно разработанный аппарат имитационного моделирования также может претендовать на эту роль. Однако при обосновании имитационной модели, ее полноты для соответствующего объекта также полезно применять средства системного анализа.

Помимо того, что системный анализ может являться средством доказательства адекватности любых сложных моделей, есть задачи, которые в принципе не могут быть формализованы без использования методов системного анализа. Такие задачи ранее решались обычно на основе интуиции и опыта специалистов, которые являются хранителями основных сведений о предметной области.

Примерами могут служить задачи, связанные с целеобразованием в системах управления:

- разработка основных направлений развития отрасли, региона или организации, перспективных планов и т.п.;
- задачи перестройки, совершенствования или разработки организационных структур;
- проблема управления разработками автоматизированных систем разного рода и т.д.

В последнее время привлечения методов системного анализа потребовали и некоторые задачи объемно-календарного планирования (например, в условиях позаказной системы производства).

Итак, основные области приложения системного анализа с точки зрения характера решаемых задач, следующие:

- задачи, связанные с целеобразованием и анализом целей и функций (это - задачи определения основных направлений развития отрасли, предприятий, объединений и т.д.; формирования прогнозов и перспективных планов экономики на федеральном и региональных уровнях, развития целевых комплексных программ и комплексных программ по решению важнейших научно-технических проблем и т.п.);

- задачи разработки или совершенствования организационных структур;

- задачи проектирования (проектирование сложных робототехнических комплексов, гибких производственных систем разного рода, управление разработками автоматизированных систем).

Все эти задачи по-разному реализуются на различных уровнях управления экономикой. Поэтому целесообразно выделить области применения системного анализа и по этому принципу: задачи общегосударственные, отраслевые, региональные, отдельного предприятия.

Управление не является самоцелью, это, скорее, средство достижения цели, позволяющее сделать систему гибкой и повысить эффективность ее работы. Организация управления в подсистемах должна соответствовать целям общей системы и быть не сложнее, чем это необходимо для достижения поставленных целей. Управление должно стремиться, скорее, предупреждать нарушения в работе системы, чем исправлять их последствия.

Управление можно определить как функцию системы, которая обеспечивает направление деятельности в соответствии с планом, удерживает в допустимых пределах отклонения системы от заданных целей.

Управление осуществляется при помощи информационной сети, которая является средством управления, Эта информация должна быть выражена на том же языке, на котором составлен план.

Можно управлять любой ситуацией (в информационном плане), если:

- имеется возможность измерять результаты выполнения и сравнивать их с заданными;

- требуемая коррекция может быть осуществлена;

- как изменения, так и регулирование производятся настолько быстро, что корректирующее воздействие по ступает раньше, чем ситуация снова изменится и не будет уже соответствовать этому воздействию.

Управление производством оказывает упорядочивающее, целенаправленное воздействие на процесс общественного труда в соответствии с объективными законами развития производства.

Границы управления, его содержание, цели и принципы зависят от господствующих экономических отношений.

В любой сфере деятельности человек принимает решения. Для грамотного принятия решения необходимо определить область проблемы, выявить факторы, влияющие на ее решение, подобрать приемы и методы, которые позволят сформулировать или поставить задачу таким образом, чтобы решение было выполнено.

Таким образом, для принятия решения необходимо тесно связать цель со средствами ее достижения.

Игнорирование общесистемного подхода может быть преднамеренным из-за того, что руководители подчас склонны преувеличивать значение своих собственных действий для достижения результатов общего дела. Более вероятно, однако, что такое игнорирование возникает не преднамеренно, а в результате неспособности человека, принимающего решение по отдельным вопросам, представить себе последствия принятых им решений в других направлениях деятельности предприятия. Главное в системном подходе к управлению заключается в получении более целостной картины сети подсистем и взаимосвязанных частей, которые образуют единое целое.

Понятие управление не формализовано настолько, чтобы можно было дать его точное и при этом достаточно широкое определение. Более того, всякое определение управления оперирует понятиями, которые также строго не определены (система, среда, цель, программа и др.).

Термины "управление" и "руководство" в экономических и социальных системах практически являются синонимами. Тем не менее, руководство можно рассматривать как одну из функций управления.

Руководство представляет собой основную силу в организациях, которая координирует деятельность подсистем и определяет их взаимосвязь с окружающим миром. Причиной, способствовавшей возникновению руководства, явилось увеличение масштабов и сложности деятельности в результате научно-технического прогресса. Руководство представляет собой одну из главных управленческих функций, обеспечивающих максимальную продуктивность ресурсов и ответственных за организацию экономического процесса.

По сути, руководство представляет собой процесс, посредством которого разрозненные ресурсы объединяются в единую систему для достижения поставленной цели. Управляя трудовыми и материальными ресурсами для достижения целей системы, руководитель обеспечивает производство продукции. Он координирует и объединяет деятельность других сотрудников. Для выполнения этой задачи руководитель должен сознавать опасность изолированных решений. Он обязан признавать важность взаимосвязей между различными задачами управления и понимать необходимость синтеза.

Общая теория управления акцентирует внимание на фундаментальных аспектах руководства, имеющих особое значение в том случае, когда организация должна как можно полнее соответствовать своим главным целям и задачам. Процессы руководства должны присутствовать в организации любого типа - правительственной, предпринимательской, учебной, общественной и т.д., другими словами, во всех видах деятельности, где объединяются материальные, трудовые и информационные ресурсы для достижения определенных целей. Эти процессы не зависят от типа специализированной области, в которой применяется управление.

Процесс управления, кроме руководства, включает и такие важные функции, как планирование, организация, управление (в узком смысле) и связь.

Планирование. Функция планирования включает выбор целей организации, а также определение политики, программ, образа действий и методов их достижения. Планирование, по существу, обеспечивает основу для принятия интегрированных решений.

Организация. Организационная функция направлена на объединение людей и материальных, финансовых и других ресурсов в систему таким образом, чтобы совместная деятельность производственного персонала обеспечивала решение задач, стоящих перед организацией. Эта функция руководства включает в себя определение тех видов административной деятельности, которые необходимы для достижения целей предприятия, распределение этих видов деятельности по подразделениям, предоставление прав и установление ответственности за их использование. Таким образом, функция организации обеспечивает взаимосвязь, или взаимозависимость, между различными подсистемами и всей системой в целом.

Управление (в узком смысле). Функция управления, по существу, обеспечивает работу различных подсистем в соответствии с общей целью. Управление заключается в контроле деятельности подсистем с последующей коррекцией для обеспечения выполнения плана всей организацией. Связь. Функция связи заключается главным образом в передаче информации между центрами различных подсистем и организаций, обеспечивающих принятие решений. Помимо этого функция связи включает взаимный обмен информацией с внешним миром.

Указанные функции нельзя рассматривать как независимые, и они не подчиняются строгой временной последовательности. Например, эффективность связи и управления зависит в большой степени от соответствия организационной структуры процессу планирования.

Особую роль в управлении играет планирование - процесс, с помощью которого система использует свои возможности для изменения внешних и внутренних условий. Это наиболее динамическая функция, которая используется для создания прочного фундамента для остальных видов управленческой деятельности. Цель функции планирования состоит в создании взаимообусловленной системы принятия решений, позволяющей улучшить работу организации.

При системном подходе к планированию предприятие рассматривается как комплекс многочисленных подсистем. По мере усложнения обстановки в производственной, общественной и политической областях все большее значение придается планированию как средству преодоления неопределенности.

В условиях стабильного окружения функция планирования сравнительно проста. Для больших и сложных систем, действующих в условиях динамического окружения и подвергающихся воздействию многих сил, функция планирования становится очень важной, должна рассматриваться с учетом многих факторов и учитывать интересы системы в целом. Последствия любого решения могут серьезно сказаться в самых различных сферах деятельности, поэтому одна из важнейших задач руководства состоит в том, чтобы наметить в процессе планирования оптимальный курс действия. Именно здесь проявляется в наибольшей степени значение системного подхода к планированию.

Руководители на всех уровнях предпринимательской организации осуществляют все основные функции руководства. По мере продвижения по иерархической лестнице организации доля затрат труда на планирование возрастает по сравнению с остальными функциями. Руководство на высшем уровне не только должно уделять большую часть своего времени планированию, но и обязано понимать необходимость перспективного планирования. В соответствии с системным подходом основная задача состоит в том, чтобы определить место и роль организации в будущем в соответствии с изменением внешней среды и верно оценить потенциал организации.

При системном подходе подчеркивается, что эффективное планирование не может быть монополией узкого круга специалистов высшего ранга, ибо планирование требует объединенных усилий всех звеньев организации.

В настоящее время постоянно увеличивается необходимость нововведений, творческого подхода к делу и приспособляемости в современных организациях, повышается уровень профессиональной и общей подготовки сотрудников предприятия. Системный подход позволяет получить в этих условиях модель совместного взаимодействия всех элементов системы.

Планирование позволяет обеспечить организационные предпосылки для принятия эффективных решений на предприятии. Согласно системному подходу к планированию предприятие следует рассматривать как комплекс (интеграцию) принимающих решения подсистем.

Основной задачей планирования на высшем уровне является задача проектирования систем, которые включают:

1. Выбор целей, задач.
2. Системы связей.
3. Методы планирования на системной основе.
4. Создание информационных потоков планирования.

Существует много определений понятия "планирование". С точки зрения системного подхода планирование в экономике - это основной метод осуществления экономической политики, направленный на достижение максимальной общей эффективности производства как системы в соответствии с ее целями. Сам план представляет собой заранее определенное направление действий.

План включает три основных момента:

1. Ориентацию на перспективу.
2. Конкретный порядок действия.
3. Конкретных разработчиков (исполнителей).

Процессы планирования и принятия решений неотделимы друг от друга. Решение - это выбор одного из альтернативных путей, но само по себе оно не является планом, так как не всегда связано с действием или сроком его исполнения. Решения необходимы на любом уровне процесса планирования, поэтому они неразрывно связаны с планированием.

В соответствии с системным подходом планирование может рассматриваться как средство для изменения систем. Без планирования система оставалась бы неизменной во времени и не могла бы развиваться. Именно планирование отличает социальную организацию от остальных открытых систем, в других видах открытых систем изменения являются следствием воздействия внешних сил, которые вызывают установление нового состояния равновесия. Планирование в социальной системе может быть эффективным только в том случае, если оно осуществлено в рамках установленной системы взаимоотношений личностей и организационных взаимоотношений.

Главным назначением планирования является создание основы для последующих решений на всех уровнях организации. Планирование должно быть связано с получением и преобразованием информации.

В планирование входят следующие, логически увязанные этапы:

1. Оценка экономической и политической обстановки.

2. Определение предполагаемой роли и места хозяйственной единицы во внешней среде.

3. Изучение спроса потребителей.

4. Анализ конкурентов.

5. Определение возможных изменений в других заинтересованных группах (смежников, поставщиков, конкурентов и т.д.).

6. Определение главных целей и задач, разработка общих планов, которые будут направлять деятельность всей организации.

7. Создание системы связей и формирование потоков информации, с помощью которых члены организации могут принимать участие в процессе планирования.

8. Преобразование общих планов в цели и задачи отдельных функциональных подсистем на более конкретной основе (исследование, проектирование и разработка, производство, распределение и обслуживание).

Применение системного подхода к планированию обусловлено ростом сложности управления и техническим прогрессом. Следует рассмотреть три большие системы, которые являются главными для любой организации:

-· система внешней среды определяет политические и экономические условия, в которых протекает деятельность организации;

-· система внешних отношений отражает отраслевую структуру, взаимоотношения между конкурентами, отношения между производителями и потребителями, характерные для отдельной отрасли, в которой данная организация конкурирует с другими;

-· система внутренней организации предприятия характеризует организационную структуру, цели и политику, а также функциональные отношения между подразделениями.

Для эффективного планирования необходимо поступление информации от каждой из этих трех систем, и ее обработка в процессе создания конкретных планов действия.

Системный подход имеет непосредственную связь с теорией организации. Организация как процесс не представляет собой какой-то конкретной, определенной сущности.

Организация может иметь ряд свойств как материальных, так и абстрактных. То же можно сказать об организации как объекте. Существует множество разновидностей организаций, начиная с органи-

зации, охватывающей деятельность отдельного человека и кончая организацией формализованного типа, а также большое разнообразие социальных организаций. Однако все организации обладают некоторыми сходными элементами:

- организации - это социальные системы, т.е. люди, объединенные в группы;
- деятельность людей носит совместный характер (люди работают сообща);
- действия людей целенаправленны.

Одно из основных определений организации рассматривает ее в качестве процесса созидательной деятельности. Однако организация - это не только процесс, Понятие "организация" может рассматриваться в трех аспектах:

1. организация - процесс;
2. организация - учреждение;
3. организация как уровень исполнения (отделяющий от неорганизованного действия).

Последнее представление отражает качественную сторону, отделяющее понятие организованного комплекса от неорганизованного. Действие организации (организовывания) проявляется в том случае, если выполняется правило: "целое больше простой суммы его частей". Эту мысль высказывал еще Аристотель. В XX в. ее развивал А.А. Богданов: "Таково, например, элементарное сотрудничество. Уже соединение одинаковых рабочих сил на какой-нибудь механической работе может вести к возрастанию практических результатов в большей пропорции, чем количество этих рабочих сил".

Приведенный пример является проявлением закона синергии. Закон синергии заключается в том, что сумма свойств организационного целого превышает "арифметическую" сумму свойств, имеющих у каждого из вошедших в состав целого элементов в отдельности.

Другая формулировка гласит: "Совокупность элементов, образующих систему, организована, если ее потенциал больше суммы потенциалов входящих в нее элементов по отдельности. Под "потенциалом" понимается наличие возможностей, позволяющих сделать что-либо, выполнить определенную работу. Хотя эта формулировка несколько отличается от первой, смысл ее тот же: свойства целого не сводятся к сумме свойств его частей.

Термин "Synergy" (греч.) означает сотрудничество, содружество. Получаемый суммарный эффект носит название синергетического. Впервые термин "синергетика" использовал физик-теоретик Г. Хаген. Строгое определение синергетики потребовало бы уточнения, что следовало бы считать частью и какие взаимодействия подпадают под категорию сложных. По замыслу профессора Г. Хагена, синергетика призвана играть роль своего рода мета науки, подмечающей и изучающей характер тех или иных закономерностей и зависимостей, которые частные науки считают "своими".

Эффект синергии обусловлен появлением нового качества, делающегося принадлежностью целого. Но не всякое объединение дает синергетический эффект. Дело не в том, что соединяется, а как. Главную роль здесь играют связи, которые устанавливаются между частями. Связь здесь является необходимым организационным моментом. В искусственных системах эффект синергии достигается их постепенным усложнением за счет дополнительных частей, каждая из которых имеет свое предназначение. Благодаря этому увеличиваются функциональные возможности целого.

Закон синергии проявляется в любой среде: в живых организмах и в социальных сообществах. Существует аналогия между социальной организацией и живым биологическим организмом. Существование организации в виде самостоятельной единицы нашего общества во многом схоже с существованием отдельного живого организма.

Совершенно очевидно сходство между определением социальной, т.е. человеческой, организации и открытой системы с нечетко выраженной структурой. Поведение организации, в противоположность поведению личности, характеризуется большей четкостью, предсказуемостью и стабильностью. Только ориентируя личность на достижение общих целей, организация способна их достичь.

Эти взгляды отражают две противоречивые точки зрения относительно природы организации. Для одной из них характерен рациональный, или целевой, подход к анализу природы организации. Эта точка зрения обычно высказывается в традиционной литературе по методам управления, где организацию рассматривают как рациональное средство для достижения определенных целей. Это механистическая точка зрения; каждый функциональный элемент орга-

низации интегрирован в ней так, чтобы наиболее эффективно достигались общие цели.

С другой стороны, существует подход к организации как к естественной системе; этот подход заостряет внимание на таких свойствах, процессах и механизмах адаптации организации, которые делают ее динамической, деятельной единицей. Эта точка зрения, в основном, ориентирована на открытую модель, которая подразумевает, что организация встречается с неопределенностями различной степени и должна развивать средства приспособления к изменяющейся среде. Во многих современных работах распространен подход к организации как к естественной системе. Тем не менее, оба подхода нельзя признать полностью правильными, хотя каждый из них содержит полезные элементы. Следует рассматривать организацию как приспособляющуюся общественную систему, стремящуюся действовать разумно в конкретных условиях своего окружения.

Современная теория организации и теория систем тесно взаимосвязаны, причем теория организации является самостоятельным элементом общей теории систем. Как теория систем, теория организации изучает общие свойства организации как единого целого. Современная теория организации в различных аспектах рассматривает как каждую подсистему отдельно, так и их взаимоотношения. При этом главное внимание уделяется иерархической пирамиде работ и задач, подчеркиваются вертикальные связи в этой пирамиде, но не оставляются без внимания и горизонтальные связи. В современной теории организации именно эти горизонтальные связи считаются наиболее важными. Функция горизонтальных связей состоит в упрощении решения проблем, возникающих вследствие разделения труда. Их природа и особенности определяются членами организации, которые имеют различные организационные подцели, но взаимозависимая деятельность которых требует взаимодействия.

Традиционный подход к административной власти уделяет большое внимание некоторым видам отношений внутри организации, не учитывая других, не менее важных. По современным представлениям о сущности административной власти взаимоотношения между руководителями и подчиненными являются результатом интеграции формальной структуры и процессов изменения. Таким образом, современная теория организации рассматривает систему и ее компонен-

ты с различных точек зрения, уделяя особое внимание интеграции подсистем и процессов изменения.

Функция организации является основным средством, с помощью которого отдельные трудовые и материальные ресурсы соединяются вместе, чтобы образовать работоспособную систему.

В настоящее время системный подход трактует организацию как систему взаимозависимых частей и переменных, а предпринимательская организация мыслится в виде социальной системы в еще более широкой, более сложной системе общества. Руководитель должен представлять организацию не как состоящую из изолированных частей, а в виде подсистем; он должен знать взаимосвязи между частями и их возможные взаимодействия. Основная задача руководителя предприятия состоит в том, чтобы объединить эти индивидуальные, часто противоречивые функции в организованную систему, в которой деятельность всех частей направлена на достижение общих организационных целей.

Таким образом, современная теория организации по мере своего развития неизбежно смыкается с концепциями общей теории систем. Исследования, основанные на принципах общей теории систем, дают возможность понять наиболее сложные из созданных человеком систем - большие социальные организации.

Большое значение при реализации основных функций управления играет связь. Связь способствует интеграции всей системы в единое целое и является тем основным элементом, который позволяет организациям функционировать как открытые системы, частично использующие управление с обратной связью. Для осуществления связи используется поток информации, который является жизненно важным элементом в процессе принятия решений руководством.

В человеческом обществе встречаются три типа связи:

- внутренние связи одного человека;
- связи между отдельными людьми;
- массовая связь.

Нет эффективного управления, если нет хорошо налаженной связи. Связь и управление в организациях имеют решающее значение. Связь - это то, что объединяет организацию в единое целое; управление - это то, что регулирует ее поведение.

Системный подход является жизненно важным для создания связи или потока информации. Общая система образуется из подсистем связи; эти процессы связи находят свое выражение в виде потоков информации, необходимых для принятия решений.

Системный подход, таким образом, - это не простейший алгоритм, механическое применение которого якобы гарантирует успех. Он не представляет собой также четко определенного набора методов, и его применение не ограничивается отдельными сферами человеческой деятельности.

Системный подход представляет собой широкую основу, дающую возможность рассматривать организацию как единую систему и позволяющую облегчить процесс достижения целей функционирования этой системы с помощью ясного понимания работы подсистем и интеграции их в единое целое.

Системный анализ – одно из направлений системного подхода. Современное состояние системного анализа характеризуется тем, что он:

- применяется для решения таких проблем, которые не могут быть поставлены и решены отдельными формальными методами;
- использует не только формальные методы, но и методы качественного анализа, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов различных областей знаний;
- объединяя разные методы с помощью единой методики.

В число основных направлений применения методов системного анализа входят:

- совершенствование методов управления;
- разработка организационных структур управления;
- совершенствование методов оценки социально-экономической эффективности мероприятий;
- повышение адекватности формализованного описания социально-экономических систем;
- расширение возможности более широкого использования многокритериальных и других человеко-машинных процедур при подготовке и принятии перспективных и оперативных решений.

В будущем системный подход как "образ мышления" будет все более и более распространяться на все процессы управления.

Вопросы и задания

1. Отличительные характеристики экономических систем.
2. Особенности системного анализа экономических систем.
3. В какой мере гуманитарные естественные и технические науки "привлекаются" к системному анализу экономических систем?
4. В чем заключается специфика структуры экономической системы и как она ведет себя с течением времени?
5. В чем специфика прогнозирования функционирования и развития экономических систем?
6. Приведите как можно более полный список заинтересованных сторон в решении проблемы экономической системы.
7. Методы поддержания целостности экономических систем.
8. Каким образом моральные ценности лица, принимающего решения, материализуются в реальной экономической системе?
9. Способы повышения объективности при определении целей системы.
10. Этика системного анализа.

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ (ДОКЛАДОВ)

Написание рефератов является формой самостоятельной работы студентов дневной формы обучения, направленной на углубление знаний учащихся по выбранной теме.

В процессе изучения дисциплины «Теория систем и системный анализ» предусмотрено написание реферата по одной из предложенных тем. Выбор темы подлежит согласованию с преподавателем.

Реферат должен содержать введение, основную часть, заключение, список использованной литературы.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, ее значение для современной теории и практики системного анализа (управления таможенными органами).

Основная часть может состоять из нескольких глав, которые полно и последовательно раскрывают тему реферата.

В заключении приводятся краткие выводы, при этом основное внимание уделяется возможности применения рассмотренных в реферате теоретических разработок на практике.

Список литературы должен содержать не менее десяти источников. При этом допускается использование электронных ресурсов (сетевые версии СМИ, сайты таможенных органов и т.д.). Размещенные в Интернет базы данных рефератов и курсовых работы не могут считаться источником информации для написания реферата.

К оформлению реферата предъявляются следующие требования:

- формат страницы – А4;
- поля: верхнее и нижнее – 25 мм, левое – 30 мм, правое – 20 мм;
- шрифт – Times, кегль 14;
- межстрочный интервал – 1,5;
- абзацный отступ – 10 мм.

Общий объем реферата должен составлять 25-30 страниц.

Номера страниц проставляются начиная со страницы, содержащей оглавление. Титульный лист включается в общую нумерацию.

На все таблицы, иллюстрации, схемы даются ссылки в тексте реферата.

Весь иллюстративный материал должен иметь заголовки, отражающие его содержание.

При защите реферата преподаватель оценивает:

- насколько хорошо студент ориентируется в рассматриваемой теме;

- может ли он дать характеристику основным понятиям, имеющим отношение к проблеме;

- в состоянии ли учащийся высказать собственные суждения и сделать выводы по рассмотренному материалу;

- насколько обширен список использованных информационных источников.

Рефераты студентов дневной формы обучения оцениваются по принципу «зачтено/незачтено». Положительная оценка реферата – необходимое условие для допуска студента к итоговому зачету по дисциплине.

1. История развития системного анализа.
2. Роль отечественных учёных в развитии системного анализа.
3. Логика системного анализа.
4. Методологические компоненты системного анализа.
5. Общая теория систем и её место в системном анализе.
6. Кибернетика и её место в системном анализе.
7. Всеобщая организационная наука Богданова А. А. и её роль для системного анализа.
8. Системный анализ и всеобщий философский метод.
9. Основные проблемы теории систем.
10. Моделирование сложных систем.
11. Аксиомы теории управления.
12. Модели принятия решений.
13. Сетевое планирование.

14. Инструментарий оценки и анализа внешней среды организации.
15. Системный характер управленческой деятельности.
16. Микроокружение организации и характер его влияния на систему.
17. Макроокружение организации и характер его влияния на систему.
18. Организация как система.
19. Развитие системного анализа как научной дисциплины: направления, методы и инструментальные средства.
20. Этический кодекс системного аналитика.
21. Модель "черного ящика" в экономических исследованиях.
22. Перспективные направления системных исследований в экономике.

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Основные понятия и описания систем.
 2. Понятие системы. Системы. Модели систем.
 3. Первые определения системы.
 4. Модель «черного ящика».
 5. Модель состава системы.
 6. Модель структуры системы.
 7. Второе определение системы. Структурная схема системы.
 8. Динамические модели системы.
 9. Функционирование и развитие.
 10. Типы динамических моделей.
 11. Общая математическая модель динамики.
 12. Стационарные системы.
 13. Разработка функциональной модели для решаемой задачи.
- Общие сведения о методологии IDEFO. (Модель SADT).
14. Системный анализ как методология решения проблем.
 15. Классификация проблем со степени их структуризации.
 16. Принципы решения хорошо структурированных проблем.
 17. Принципы решения не структурированных проблем.
 18. Принципы решения хорошо структурированных проблем (схема основных требований к критерию эффективности исследования операций).
 19. Принципы решения неструктурированных проблем.
 20. Принципы решения слабоструктурированных проблем.
 21. Классификация и общая характеристика метода экспертных оценок.
 22. Принципы формирования эвристической информации.
 23. Метод парных сравнений.
 24. Метод последовательных сравнений.
 25. Метод взвешивания экспертных оценок.
 26. Метод предпочтений.
 27. Метод ранга.

28. Метод полного попарного сопоставления.
 29. Ранжирование проектов методом парных сравнений.
 30. Ранжирование критериев по их важности методом Перстоуна.
 31. Поиск наилучшей альтернативы на основе принципа Кондорсе.
 32. Поиск результирующего ранжирования на основе алгоритма Келини – Снема.
 33. Выбор рациональной структуры системы методом экспертных оценок.
 34. Энтропийная оценка согласованности экспертов.
 35. Категория целей в системном анализе.
 36. Структуризация конечной цели в виде дерева целей.
 37. Основные методы научно-технического прогнозирования.
- Метод паттерн.
38. Метод прогнозного графа.
 39. Метод-поиск новых технических решений на основе морфологии анализа.
 40. Проектирование систем с исследованием системных принципов.
 41. Организация экспериментов с использованием системных принципов.
 42. Переоценка альтернатив на основе Байесовского подхода.
 43. Переоценка структуризации проблемы в виде «дерева решений».
 44. Выбор оптимальной стратегии на основе Байесовской теории решений.
 45. Критерий для оптимизации решений в условиях риска и неопределенности.
 46. Выбор рациональной стратегии с использованием многих критериев.
 47. Основы принятия решений при многих критериях.

48. Постановка задачи векторной оптимизации и классификация многокритериальных методов.

49. Принципы согласованного оптимума Парето. Примеры поиска Парето – оптимальных решений.

50. Циклы проектирования и уровни оптимизации эк. систем.

51. Структурная оптимизация систем как процесс принятия решений.

52. Метод ФСА.

53. Метод комплексной оценки структур. Методика многокритериального выбора рациональных структур. Пример.

54. Принятие решений в процессе системного проектирования.

55. Схемы информационного взаимодействия при формировании облика системы.

56. Сущность задач системного проектирования и природа многоканальности.

57. Методика сравнительной оценки двух структур по степени доминирования. Пример многокритериального выбора.

58. Методика структурного анализа с использованием функций полезности.

59. Методика для экспресс анализа структур при многих критериях (оперативного анализа структур).

60. Современные тенденции в области системного анализа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая изложение основ теории систем и системного анализа, попытаемся сформулировать определения этих научных направлений, кратко охарактеризовать основные особенности.

Дать определение теории систем несложно.

Теория систем – наука об общих закономерностях построения, функционирования и развития систем различной физической природы, о методах их исследования.

Для всех направлений прикладных системных исследований характерны следующие особенности:

1. Применяются в тех случаях, когда задача (проблема) не может быть сразу представлена и решена с помощью формальных, математических методов, то есть имеет место большая начальная неопределённость проблемной ситуации.

2. Помогают организовать процесс коллективного принятия решения, объединяя специалистов различных областей знаний.

3. Уделяют внимание процессу постановки задачи и применяют не только формальные методы.

4. Опираются на основные понятия теории систем и философские концепции, лежащие в основе исследования общесистемных закономерностей.

5. Для организации процесса исследования и принятия решения при проведении системного анализа разрабатывается методика, определяющая последовательность этапов проведения анализа и методы их выполнения, объединяющие специалистов различных областей знаний.

6. Важная особенность системного анализа – исследование процессов целеобразования и разработка средств работы с целями (методик, структуризации целей). Иногда даже системный анализ определяют как методологию исследования целенаправленных систем.

Естественно, что в такой широкой постановке существуют различные школы системного анализа, занимающиеся приложением теории систем к исследованию разных сфер – от стратегического плани-

рования и управления предприятиями, регионами, страной до управления проектами технических комплексов и принятия решений по отдельным видам деятельности при возникновении различных проблемных ситуаций в процессе функционирования социально-экономических и технических объектов.

Системный анализ требует дальнейшего исследования особенностей и закономерностей самоорганизующихся систем; развития информационного подхода, основанного на диалектической логике; подхода, основанного на постепенной формализации моделей принятия решений на основе сочетания формальных методов и методик; становления теории системно-структурного синтеза; разработки методов организации сложных экспертиз, повышающих объективность анализа проблемных ситуаций с неопределённостью; расширения сфер приложения к исследованию систем логико-лингвистического, семиотического и когнитивного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Вдовин, В. М. Теория систем и системный анализ : учебник для бакалавров / В. М. Вдовин, Л. Е. Суркова, В. А. Валентинов. – 5-е изд., стер. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2020. - 642 с.
2. Основы системного анализа и управления организациями. Теория и практика [Электронный ресурс] / В. П. Бочарников, И. В. Бочарников, С. В. Свешников. - М. : ДМК Пресс, 2014.
3. Системный анализ в экономике [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Математические методы в экономике", "Прикладная информатика" / И. Н. Дрогобыцкий. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012.
4. Яковлев, С. В. Теория систем и системный анализ : лаб. практикум) / С. В. Яковлев. - М. : Гор. линия-Телеком, 2015. - 320 с.
5. Макрусев, В. В. Системный анализ в таможенном деле : учебник. – М. ; Берлин : Директ-Медия, 2015. – 471 с.

Дополнительная

1. Балаганский, И. А. Прикладной системный анализ : учеб. пособие. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 120 с.
2. Бочарников, В. П. Основы системного анализа и управления организациями. Теория и практика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Бочарников, И. В. Бочарников, С. В. Свешников. - 2-е изд. - М. : ДМК Пресс, 2018. - 288 с.
3. Клименко И. С. Теория систем и системный анализ. – М. : Российский новый университет, 2014. – 264 с.
4. Системный анализ, оптимизация и принятие решений : метод. указания и задания для самостоятельной работы / сост.: Н. Ф. Палинчук, В. Я. Ярославцева. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2014. – 17 с.
5. Теория систем и системный анализ в управлении организациями [Электронный ресурс] : справочник / под ред. В. Н. Волковой и А. А. Емельянова. - М. : Финансы и статистика, 2012.

6. Шабаршина, И. С. Основы компьютерной математики. Задачи системного анализа и управления : учеб. пособие / И. С. Шабаршина, Е. В. Корохова, В. В. Корохов ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. - 142 с.

Периодические издания

1. Журнал «Труды института системного анализа РАН». Входит в список ВАК.
2. Журнал «Регион: системы, экономика, управление».
3. Научный журнал «Современные технологии. Системный анализ. Моделирование».

Интернет-ресурсы

1. www.gks.ru – Госкомстат РФ.
2. www.cea.gov.ru – Аналитический центр при правительстве Российской Федерации.
3. www.rbk.ru – РБК (РосБизнесКонсалтинг).
4. www.stat.hse.ru – Статистическая база данных НИУ ВШЭ.
5. <http://prognoz.org> – Прогнозы и прогнозирование. Методы прогнозирования. Технологии.
6. repec.org – RePEc (ResearchPapersinEconomics) – база данных, содержащая статьи, различные материалы по экономике (на англ. яз.).
7. www.cemi.rssi.ru – Центральный экономико-математический институт РАН (ЦЭМИ).
8. www.forecast.ru/mainframe.asp – Центр макроэкономического анализа и прогнозирования.
9. www.esfor.ru – Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН.

ГЛОССАРИЙ

CASE-технология – совокупность методологий анализа, проектирования, разработки и сопровождения сложных систем, поддерживаемая комплексом взаимосвязанных средств автоматизации.

Агрегирование – объединение составных частей системы в рамках общей функциональной задачи.

Адекватность – соответствие модели целям исследования по уровню сложности и организации, а также соответствие реальной системе относительно выбранного множества свойств.

Активаторы системы – операторы или факторы позитивного воздействия на систему (например, конкурентное преимущество), которые следует поддерживать или усиливать.

Аппарат сравнения – элемент системы, обеспечивающий контроль за ее функционированием в пределах установленных параметров. Служит основой построения программы функционирования и определяет правомерность совершаемого действия или процесса и его экономичность.

Большая система – система, которую невозможно исследовать иначе, как по подсистемам.

Вмешательство – способ воздействия субъекта управления (более высокого уровня) на объект, способ регулирования производственных или управленческих процессов при существенных отклонениях от нормативов управления.

Вход системы – компоненты, поступающие в систему (сырье, материалы, комплектующие изделия, различные виды энергии, новое оборудование, кадры, документы, информация и т.п.).

Деактиваторы системы – операторы или факторы негативного воздействия на систему (например, угрозы), приводящие в итоге к ее разрушению.

Декомпозиция по жизненному циклу – изменение закона функционирования подсистем на разных этапах цикла существования системы «от рождения до гибели».

Декомпозиция по физическому процессу – шаги выполнения алгоритма функционирования подсистемы, стадии смены состояний.

Делегирование полномочий – передача части функций и прав принятия решений нижестоящим системам управления.

Дерево решений – графическое изображение последовательности решений и состояний среды с указанием соответствующих вероятностей и выигрышей для любых комбинаций альтернатив и состояний среды.

Дерево целей – использование иерархической структуры, полученной путем деления общей цели на подцели, а их, в свою очередь, – на более детальные составляющие (новые подцели, функции и т. д.).

Дискретная управляемая система – система, в которой на вход хотя бы одной подсистемы (компонента или звена) подается дискретный сигнал.

Задача анализа – нахождение различного рода свойств системы или среды, окружающей систему.

Задача выполнения программы – перевод системы в требуемое состояние в условиях, когда значения управляемых величин изменяются по известным детерминированным законам.

Задача декомпозиции – представление системы в виде подсистем, состоящих из более мелких элементов.

Задача оптимизации – удержание или перевод системы в состояние с экстремальными значениями характеристик при заданных условиях и ограничениях.

Задача синтеза системы – построение системы, фактически выполняющей преобразование, по определенному алгоритму и по описанию закона преобразования.

Задача слежения – удержание системы на заданной траектории (обеспечение требуемого поведения) в условиях, когда законы изменения управляемых величин неизвестны или изменяются.

Задача стабилизации – удержание системы в существующем состоянии в условиях возмущающих воздействий.

Задача целеполагания – определение требуемого состояния или поведения системы.

Задачи системы – цели, которые желательно достичь к определенному моменту времени в пределах определенного периода функционирования системы.

Интерполирование – представление некоторой функции известного или неизвестного вида, ряд значений которой при определенных значениях независимой переменной задан с помощью другой, более простой функции.

Информационная система (ИС) – совокупность средств информационной техники и людей, объединенных для достижения определенных целей (в том числе и для управления).

Качество – совокупность существенных свойств объекта, обуславливающих его пригодность для использования по назначению.

Конфигуратор системы – совокупность всех языков, на которых будет описываться решаемая проблема.

Коррелятор организации управления – оператор накопления информации, контроля и регулирования параметров функционирования системы. Чем точнее информация отражает структуру системы, тем выше уровень ее организованности.

Критерий качества – показатель существенных свойств системы и правило его оценивания.

Критерий эффективности – обобщенный показатель и правило выбора лучшей системы (лучшего решения).

Лицо, принимающее решение (ЛПР) – индивидуум или группа индивидуумов, имеющих право принимать окончательные решения по выбору одного из нескольких управляющих воздействий.

Метод «мозговой атаки» – оперативный метод решения проблемы на основе стимулирования творческой активности, при котором участникам обсуждения предлагают высказывать возможно большее количество вариантов решения. Затем из общего числа высказанных идей отбирают наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике.

Метод Монте-Карло – численный метод, применяемый для моделирования случайных величин и функций, вероятностные характеристики которых совпадают с решениями аналитических задач.

Метод морфологического ящика – получение всех мыслимых параметров, от которых может зависеть решение проблемы, представление их в виде матриц-строк, а затем определение в этом морфологическом матрице-ящике всех возможных сочетаний параметров по одному из каждой строки.

Моделирование – процесс исследования реальной системы, включающий построение модели, изучение ее свойств и перенос полученных сведений на моделируемую систему.

Модель – объект, который имеет сходство в некоторых отношениях с прототипом и служит средством описания и/или объяснения, и/или прогнозирования поведения прототипа.

Поведенческая (событийная) модель описывает информационные процессы (динамику функционирования), в ней фигурируют такие категории, как состояние системы, событие, переход из одного состояния в другое, условия перехода, последовательность событий.

Информационная модель отражает отношения между элементами системы в виде структур данных (состав и взаимосвязи).

Функциональная модель системы описывает совокупность выполняемых системой функций, характеризует морфологию системы (ее построение) - состав функциональных подсистем, их взаимосвязи.

Модель "черного ящика" – простейшее отображение реальной системы, в которой полностью отсутствуют сведения о внутреннем содержании этого фрагмента реального мира, а задаются только входные и выходные связи системы со средой.

Морфологический метод в экономике – систематическое нахождение максимального числа вариантов решения поставленной задачи путем выделения всех независимых переменных исследуемой системы, перечисления возможных значений этих переменных и генерирования альтернатив посредством перебора сочетаний различных значений.

Морфология – учение о внутренней структуре исследуемых систем.

Наращиваемость возможностей – включение новых программных и технических средств, не предусмотренных в первоначальном варианте.

Непосредственная оценка – присваивание объектам числовых значений в шкале интервалов.

Норма управляемости - число непосредственных подчиненных, которыми может эффективно управлять один руководитель.

Обобщенный критерий эффективности управления – степень достижения цели функционирования системы.

Открытые информационные системы – программно-аппаратные комплексы, которые обладают свойствами переносимости (мобильности), стандартности, наращиваемости возможностей, совместимости.

Отношения в системе – взаимосвязь между компонентами системы, обусловленная в системе выполнением главной цели.

Парное сравнение – процедура установления предпочтения объектов при сравнении всех возможных пар.

Переносимость (мобильность) – возможность перенесения программного обеспечения на различные аппаратные платформы и в различные операционные среды.

Поведение системы – способ взаимодействия системы с внешней средой и упорядочение связей в структуре системы для достижения ее целей.

Подсистема – часть системы, выделенная по определенному признаку, обладающая некоторой самостоятельностью и допускающая разложение на элементы в рамках данного рассмотрения.

Полезность исхода операции – действительное число, приписываемое исходу операции и характеризующее его предпочтительность по сравнению с другими альтернативами относительно цели.

Помехоустойчивость – способность системы без искажений воспринимать и передавать информационные потоки.

Построение системы – определение числа компонентов системы, необходимого для нормального функционирования по достижению ее целей, структуризация компонентов по уровням иерархии (анализ) и установление связей между ними. Правильность структуризации проверяется синтезом или сложением компонентов, начинающимся с нижнего уровня иерархии.

Принцип децентрализации – передача части управляющих функций из органа управления в другие подсистемы.

Принцип единства – совместное рассмотрение системы как целого и как совокупности частей (элементов).

Принцип иерархии – структурное распределение подсистем по уровням иерархии в зависимости от важности (общности) их функций.

Принцип измерения – способность системы более высокого порядка делать выводы о качестве функционирования какой-либо системы.

Принцип конечной цели – абсолютный приоритет конечной (глобальной) цели.

Принцип модульного построения – выделение модулей в системе для представления ее функционирования.

Принцип неопределенности – учет неопределенностей и случайностей в системе.

Принцип развития – изменяемость системы, ее способность к развитию, адаптации, расширению, замене частей, накоплению информации.

Принцип связности – рассмотрение любой части совместно с ее окружением.

Принцип функциональности – совместное рассмотрение структуры и функции с приоритетом функции над структурой.

Принцип эквивиальности – способность системы достигнуть требуемого конечного состояния, не зависящего от времени и определяемого исключительно собственными характеристиками системы, при различных начальных условиях и различными путями.

Проблема – несоответствие между существующим и требуемым (целевым) состоянием системы при данном состоянии среды в рассматриваемый момент времени.

Количественные проблемы – проблемы, которые выражаются в числах или в таких символах, которые в конце концов могут быть выражены в числовых оценках. Особенность таких проблем: точность, надежность решения, строгость и управляемость.

Качественные проблемы – проблемы, которые описываются качественными характеристиками, свойствами (связаны с детальным перечислением будущих или плохо определенных ресурсов и их свойств или характеристик).

Проблемы стабилизации – проблемы, решение которых направлено на предотвращение, устранение или компенсацию возмущений, нарушающих текущую деятельность системы.

Слабоструктурированная проблема – проблема, состав элементов которой и их связи известны только частично.

Проблемная ситуация – это «разрыв» в деятельности, рассогласование между целями и возможностями субъекта, т.е. наличие условий, порождающих проблему.

Прогноз – научно обоснованное суждение о возможных состояниях системы в будущем и/или об альтернативных путях достижения целевого состояния и сроках их осуществления.

Прогрессирующая систематизация – стремление системы к уменьшению самостоятельных элементов.

Прогрессирующая факторизация – стремление системы к состоянию со все более независимыми элементами.

Проект – комплекс взаимосвязанных мероприятий, предназначенных для достижения поставленных целей в течение ограниченного периода и при установленном бюджете.

Развитие системы – процесс совершенствования системы на основе изучения механизма конкуренции, законов воспроизводства,

развития потребностей, экономии времени и других факторов, обеспечивающих выживание системы.

Ранжирование – процедура упорядочения объектов, выполняемая экспертом.

Риск – событие, связанное с опасным явлением или процессом, которое может произойти или не произойти.

Робастность – способность сохранять частичную работоспособность (эффективность) при отказе отдельных элементов или подсистем.

Руководство – управление чужой работой в организационных, социальных, экономических системах.

Самоорганизация – способность изменять свою структуру, параметры, алгоритмы функционирования, поведение для повышения эффективности.

Свойства – характеристика, проявляющаяся только при взаимодействии с другими объектами или элементами одного объекта между собой. Свойства могут быть представлены в виде закона функционирования элемента.

Связь – вид отношений между элементами, который проявляется как некоторый обмен (взаимодействие).

Система – совокупность элементов и связей между ними, обладающая определенной целостностью.

Системный анализ – методология решения проблем, основанная на структуризации систем и количественном сравнении альтернатив.

Системный подход – эксплицитное (разъяснительное) выражение процедур представления объектов как систем и способов их описания, объяснения, предвидения, разработки.

Ситуация – совокупность состояний системы и среды в один и тот же момент времени.

Сложная система – система, которая строится для решения многоцелевой, многоаспектной задачи. Характеризуется тремя основными признаками: свойством робастности, наличием неоднородных связей и эмерджентностью.

Совместимость – возможность взаимодействовать с другими комплексами на основе развитых интерфейсов для обмена данными с прикладными задачами в других системах.

Способ принятия управленческого решения – способ выбора методов сбора и обработки информации, формы мотивации в сочета-

нии с методом принятия решения. Определяет скорость и качество принятия решения.

Способность – качество системы, определяющее ее возможности по достижению требуемого результата на основе имеющихся ресурсов за определенное время.

Стандартность – применительно к программному обеспечению означает его соответствие опубликованному стандарту, независимо от конкретного разработчика программного обеспечения.

Структура – совокупность образующих систему элементов и связей между ними.

Сценарий – метод подготовки и согласования представлений о проблеме или анализируемом объекте, изложенный в письменном виде.

Тезаурус – словарь, отражающий связи между словами или иными элементами данного языка, предназначенный для поиска слов по их смыслу.

Теория эффективности – научное направление, предметом изучения которого являются вопросы количественной оценки качества характеристик и эффективности функционирования сложных систем.

Транзакция – последовательность операций ввода-вывода, во время проведения которых база данных остается неизменной.

Управление – процесс формирования целенаправленного поведения системы посредством информационных воздействий, вырабатываемых человеком (группой людей) или устройством.

Управляемость – способность системы переходить за конечное (заданное) время в требуемое состояние под влиянием управляющих воздействии.

Устойчивость – совокупность таких свойств, как прочность, стойкость к внешним воздействиям, сбалансированность, стабильность, гомеостазис (способность системы возвращаться в равновесное состояние при выводе из него внешними воздействиями). Для сложных систем характерны различные формы структурной устойчивости (надежность, живучесть и др.).

Функционирование системы – организация взаимодействия энергии и вещества системы по достижению запланированных целей, координация, учет и контроль, мотивация и регулирование взаимодействия компонентов системы.

Функция организации – установление постоянных и временных связей между всеми элементами системы, определение порядка и условий их функционирования.

Функция прогнозирования – снятие неопределенности относительно возможной структуры, свойств или закона функционирования системы в будущем.

Функция управления – устойчивая упорядоченная совокупность операций, основанная на разделении труда в управляющей системе.

Характеристика – то, что отражает некоторое свойство элемента системы.

Цель – ситуация или область ситуаций, которая должна быть достигнута при функционировании системы за определенный промежуток времени.

Ценность информации – изменение вероятности достижения цели при получении дополнительной информации.

Цикл управления – совокупность функций управления, выполняемых в системе при изменении среды.

Эвристика – метод решения задач, основанный на неформальных правилах опытных специалистов, обеспечивающий уменьшение объема вычислений или получение результата, когда алгоритмические методы бесполезны.

Экспертные оценки – группа методов, наиболее часто используемая в практике оценивания сложных систем на качественном уровне. Основой этих методов являются различные формы экспертного опроса с последующим оцениванием и выбором наиболее предпочтительного варианта.

Экстраполирование – процесс вычисления значения функции, находящегося за пределами ряда заданных значений.

Элемент системы – некоторый объект (материальный, энергетический, информационный), обладающий рядом важных свойств и реализующий в системе определенный закон функционирования, внутренняя структура которого не рассматривается.

Эмерджентность (целостность) – свойство системы, которое принципиально не сводится к сумме свойств элементов, составляющих систему.

Энтропия объекта управления – мера первоначальной неопределенности состояния объекта управления.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Тема 1. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ.....	9
Тема 2. ПРИНЦИПЫ И СТРУКТУРА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА	16
Тема 3. МОДЕЛИ СИСТЕМ.....	18
Тема 4. ПОНЯТИЕ «ПРОБЛЕМА». КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОБЛЕМ ПО СТЕПЕНИ ИХ СТРУКТУРИЗАЦИИ.....	34
Тема 5. КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ	45
Тема 6. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ИМИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ	63
Тема 7. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМНЫХ ДИАГРАММ.....	110
Тема 8. ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МНОГИХ КРИТЕРИЯХ	145
Тема 9. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ЭКОНОМИКЕ	155
ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ (ДОКЛАДОВ)	172
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	175
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	178
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	180
ГЛОССАРИЙ	182

Учебное издание

КРЫЛОВ Василий Евгеньевич
ДИГИЛИНА Ольга Борисовна
АБДУЛЛАЕВ Низами Видади оглы
и др.

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ
Краткий курс

Учебно-практическое пособие

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 18.06.21.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 11,16. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.