

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Направление подготовки: 38.03.01 «Экономика»

Профиль: «Прикладная экономика, финансы и бухгалтерский учет»

Уровень высшего образования: бакалавриат

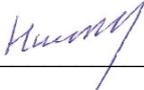
Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Год набора: 2024

Направление подготовки 38.03.01 «Экономика»
Профиль «Прикладная экономика, финансы и бухгалтерский учет»
Методическое обеспечение РПД Б1.О.14 «Теория систем и системный анализ»

Методические материалы составил:

канд. техн. наук, доцент кафедры
информационных технологий в экономике и управлении  В.А.Никифоров

«18» _____ апреля _____ 2024 г.

Заведующий кафедрой информационных технологий в экономике и управлении:


_____ подпись _____ д-р техн. наук, профессор М.И. Дли
ФИО

«02» мая 2024 г.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с образовательной программой подготовки бакалавров по направлениям 09.03.03 «Прикладная информатика» и 38.03.01 «Экономика» подготовка обучающихся по дисциплине «Теория систем и системный анализ» предусматривает проведение практических занятий.

Целью практических занятий по дисциплине является закрепление знаний, полученных обучающимися по дисциплине «Теория систем и системный анализ», и приобретение умений и навыков решения вопросов, связанных с содержанием и прикладными аспектами теории систем и системного анализа, а также формирование способности применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

Основными задачами являются:

- ознакомить обучающихся с основными задачами в области теории систем и системного анализа и математического моделирования;
- дать представление об идентификации методов и концепций, лежащих в основе теории систем и системного анализа;
- сформировать представление о методах теоретического и экспериментального исследования для решения практических задач профессиональной деятельности;
- сформировать умение пользоваться информацией, полученной из различных источников для решения задач системного характера;
- ориентироваться в информационно-коммуникационных технологиях для решения прикладных задач в области системного анализа;
- научить применять способы сбора, обработки, хранения и использования информации при решении прикладных системных задач;
- привить умение анализировать системную деятельность в современных условиях.

Полученные знания позволят получить навыки эффективного управления системами различной природы, обеспечивать системную деятельность в исследованиях, а также наиболее эффективно обеспечивать решение прикладных задач в условиях современной действительности.

В ходе изучения студенты должны:

- усвоить основные понятия и аспекты теории систем, возможные пути ее практического использования для управленческой и производственной деятельности;
- получить знания о современных механизмах решения задач теории систем и их использовании для принятия управленческих решений;
- приобрести умение самостоятельного решения системных задач, вырабатывать необходимые решения в профессиональной деятельности.

В методических указаниях содержится тематика рассматриваемых разделов, содержание выделенных тем, основные понятия по каждой теме, планы практических занятий, задания для самостоятельного решения и контрольные вопросы для проверки знаний.

Тематика практических занятий охватывает основные разделы образовательной программы дисциплины «Теория систем и системный анализ»: историю развития системных представлений, основные системные понятия, свойства систем, классификацию систем, системные законы и принципы, структуры систем, моделирование систем, методы моделирования систем.

1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

Содержание темы

Формирование общей теории систем. Системные представления мыслителей Древней

Греции. Глобальные естественнонаучные революции и смена типов мировоззрений. Геоцентрическая система К. Птолемея. Гелиоцентрическая система Н. Коперника. Роль механики И. Ньютона в формировании научного мировоззрения. Научная парадигма Ч. Дарвина. Появление общей теории систем и системных наук. Тектология А. Богданова (Малиновского). Общая теория систем Л. Фон. Бергаланфи. Кибернетика Н. Винера. Праксеология Т. Котарбиньского. Системология. Синергетика. Системный анализ.

Основные понятия темы

Анохин Петр Кузьмич (1898-1974) – советский ученый-физиолог, создал теорию функциональных систем, которая рассматривает организм и его деятельность как единую систему.

Функциональная система – система взаимосвязанных процессов, которые формируются применительно к данной ситуации и приводят к полезному результату. Он обосновал, что оценку реальных результатов функциональной системы можно осуществлять на основе критерия организации «содействия» элементов в целом образовании, а не только их «взаимодействия».

Бергаланфи Людвиг фон (1902-1972) – австрийский биолог, впервые использовал термин «Общая теория систем», обосновал универсальные законы систем и ввел понятие «открытая система», то есть система, которая осуществляет обмен различными ресурсами с внешней средой.

Свою задачу ученый видел в том, чтобы исследовать общность понятий, законы существования и методы исследования систем на основе принципа изоморфизма (подобия) в качестве универсальных научных категорий и фундаментальной основы развития научных знаний о системах на междисциплинарном уровне.

Особое внимание в своих работах уделял исследованию характера связей между элементами в системе, которые во многом определяют состояние и поведение как самих элементов, так и целого образования (системы). Выводы общей теории систем позволили разработать математический аппарат для описания систем различных типов.

Богданов (Малиновский) Александр Александрович (1873- 1928) – российский, советский ученый (философ, экономист) обосновал и определил наличие единых организационных подходов создания систем в различных научных отраслях знаний (общественных, биологических, физических и т.д.) и описал организационные принципы, лежащие в основе построения систем всех типов. Обосновал и доказал наличие единства строения и принципы развития самых разных систем независимо от их происхождения и вида.

Винер Норберт (1894-1964) – американский математик, кибернетик, обосновал единство принципов управления в биологических, социальных и технических системах. Впервые доказал, что процесс управления прежде всего связан с накоплением, передачей и преобразованием информации. Обосновал информационную сущность управления системой как информационное взаимодействие между ее элементами или системой и средой. Большое внимание уделял исследованию технических систем и роли информации в их управлении на основе организации обратной связи.

Геоцентрическая модель мира – представление об устройстве мироздания, согласно которому центральное положение во Вселенной занимает неподвижная Земля, вокруг которой вращаются Солнце, Луна, планеты и звезды.

Гелиоцентрическая картина мира – представление о том, что Солнце является центральным небесным телом, вокруг которого обращается Земля и другие планеты.

Дарвин Чарлз (1809-1882) – выдающийся ученый-физиолог, создал теорию эволюции органического мира и доказал, что органический мир можно рассматривать в качестве единого целого, состоящего из элементов со многими связями и отношениями между ними.

Первое начало термодинамики – один из 2-х основных законов термодинамики, представляет собой закон сохранения энергии для систем, в которых существенное значение

имеют тепловые процессы. Согласно первому правилу термодинамическая система может совершать работу только за счет своей внутренней энергии или какого-либо внешнего источника энергии.

Первое начало термодинамики было сформулировано в середине 19-го века в результате работ немецкого ученого Ю.Р. Майера, английского физика Дж. П. Джоуля и немецкого физика Г. Гельмгольца.

Второе начало термодинамики – физический принцип, накладывающий ограничения на направления процессов, которые могут происходить в термодинамических системах.

Второе начало термодинамики вводит в рассмотрение новую функцию состояния – энтропию.

Второе начало термодинамики связано с именами Н. Карио, В. Томсона (Кельвина), Р. Клаузиуса, Л. Больцмана, В. Нернста.

Кант Иммануил (1724-1804) – философ, обосновал «механизм» формирования системного научно-теоретического знания как сочетание аналитического (чувственного) и синтетического (рассудочного) способов мышления.

Кибернетика – наука об общих закономерностях получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах.

Основателем кибернетики по праву считается американский математик *Н. Винер*.

Кондратьев Николай Дмитриевич (1892-1938) – выдающийся русский экономист, на основе систематизации и анализа исторических этапов развития экономических систем создал теорию циклов экономического развития, доказал, что состояние любой системы можно охарактеризовать синусоидой: подъем, вершина, спад, кризис, подъем.

Менделеев Дмитрий Иванович (1834-1907) – выдающийся русский ученый-химик, создал периодическую систему химических элементов, объединившую все существующие химические элементы в природе и предсказавшую существование новых, неизвестных на тот момент, элементов.

Месарович Михайло – американский математик сербского происхождения, предложил математический аппарат описания систем, позволяющий моделировать объекты-системы, сложность которых определяется числом составных элементов и видом их формализованного описания. Он обосновал возможность математического представления системы в виде функций, аргументами которых являются свойства его элементов и характеристики структуры.

Математическое обоснование закономерностей соединения элементов в систему и описание их связей Месарович представлял с помощью математических средств – дифференциальных, интегральных, алгебраических уравнений или в виде графов, матриц и графиков. Большое значение в своей теории систем Месарович придавал исследованию системы управления, поскольку именно структура управления отражает характер функциональных связей и отношений между элементами, которые во многом определяют ее состояние и поведение в целом. На основе применения математических средств был разработан структурно-функциональный метод описания системы управления в качестве единой системы переработки информации (возникновения, хранения, преобразования и передачи). Система управления рассматривалась как поэтапная система принятия решений, основанная на формализованных процедурах.

Использование структурно-функционального подхода позволило Месаровичу создать **теорию иерархических многоуровневых систем**, которая стала прикладным направлением и дальнейшим развитием теории управления системами.

Праксеология – (от греч. слова «практика») – учение о человеческой деятельности, о реализации человеческих ценностей в реальной жизни; область социологических и экономических исследований, которая рассматривает различные действия с точки зрения их эффективности.

Термин «праксеология» впервые употребил П. Бурдьё, был введен в оборот А. Эспинасом, воспринят Е. Слуцким и Т. Котарбиньским.

Редукционизм – принцип, согласно которому описание сложных систем можно свести к сумме взаимодействия все более мелких их элементов.

Системология (от греч. *logos* – слово, учение) – теория сложных систем, фундаментальная инженерная наука, устанавливающая общие законы потенциальной эффективности сложных материальных систем как технической, так и биологической природы; наука о системах и системной организации процессов и явлений природы, науки, техники, общественных формаций, функциональных образований и структур.

Термин «системология» был впервые использован советским философом *И.Б. Новиковым* в 1965 г. и также впервые предложен пред советским ученым-математиком *В. Т. Куликом* в 1971 г. для обозначения самостоятельной научной области в теории систем. В рамках этой науки объединяются все варианты существующих теорий в системах, включая общую теорию систем, специализированные теории систем и системный анализ.

Системология как междисциплинарная наука на качественно новом уровне интегрирует теоретические знания о понятиях, законах и закономерностях существования, организации, функционирования и управления системами различной природы с целью создания целостной системной методологии исследования систем. В системологии обобщаются не только научные знания о системах, их возникновении, развитии и преобразовании, но и изучаются проблемы их саморазвития на основе теории синергетики.

Системономия (от греч. *nomos* – закон) – учение о системах как проявлении законов Природы. Это направление является философским обоснованием системного мировоззрения, объединяющего системный идеал, системный метод и системную парадигму.

Системотехника (от греч. *techne* – искусство применения, мастерство) – научно-прикладное направление, изучающее общесистемные свойства системотехнических комплексов. Есть комплекс общих и частных методик практического применения системных принципов и методов описания состояния и поведения систем математическим языком.

В России термин «системотехника» впервые был введен в 1960-е гг. советским ученым, профессором кафедры кибернетики МИФИ *Г.Н. Поваровым*.

Синергетика (от греч. *synergeia* – совместное действие) – (теория сложных систем) – междисциплинарное направление науки, изучающее общие закономерности явлений и процессов в сложных неравновесных системах (физических, химических, биологических, экологических, социальных и др.) на основе присущих им принципов самоорганизации; направление науки о закономерностях самоорганизации сложных развивающихся систем.

Термин «синергетика» был введен *Германом Хакеном*, который рассматривал его в двух смыслах. В первом случае это теория, которая объясняет возникновение новых свойств у целого (системы), состоящего из взаимодействующих объектов. Во втором – научный подход к решению глобальных проблем, требующий совместного сотрудничества ученых из разных отраслей знаний.

Направление представлено такими исследователями, как Г. Хакен, Г. Николис, И. Пригожин, И. Стенгерс, А. Баблюянец, С.П. Курдюмов, Е.Н. Князева.

Системная революция – новое представление человека о мире, качественные изменения в мировоззрении, обусловленные взаимосвязанностью социально-экономических, культурно-образовательных, технико-технологических, экологических и информационных проблем, решение которых требует синтеза знаний на межпредметном уровне.

Системное мировоззрение – представление об окружающем мире природы, вещей и общества как о едином целом. Оно формируется на основе универсальных понятий: система, целостность, элемент, связь, структура и среда.

Системный анализ - направленная деятельность по анализу, описанию, проектированию, управлению.

Системный подход – методологическое направление в науке, основная задача которого состоит в разработке методов исследования и конструирования сложно организованных объектов – систем разных типов и классов.

Понятие «системный подход» раскрывается через содержание понятия «*системные исследования*». Это означает, что любой объект рассматривается в качестве системы (целого), исследуется на основе системных представлений путем выявления всего многообразия элементов, типов связей между ними и внешней средой; затем все эти сведения объединяют в единую теоретическую картину.

Целью системного исследования является полное и целостное представление об объекте-системе на основе изучения объективных закономерностей организации, функционирования, управления и потенциальных возможностях развития системы.

Сорокин Питирим Александрович (1889-1968) – выдающийся русско-американский социолог, создал интегральную социологическую теорию, рассматривал общество как социокультурную систему, построенную на основе взаимодействия индивидов.

Тектология – (от греч слов «строитель», «творец» и «слово», «учение») – общая теория организации и дезорганизации, об универсальных типах и закономерностях структурного преобразования систем.

Термин введен *А. Богдановым* для обозначения всеобщей организационной науки.

Энтропия – мера неупорядоченности (неопределенности) системы.

Понятие «энтропия» ввел в 1865 г. немецкий физик *Р. Клаузиус*.

В системном анализе энтропия (Э) служит количественной мерой разнообразия информации в системе и определяется числом допустимых состояний системы (N_s): $\mathcal{E} = \ln N_s$.

Эшби Уильям Росс (1903-1972) – английский психиатр, кибернетик ввел понятие гоомеостаза для объяснения процессов саморегуляции и самоорганизации в организационных системах на основе информационного и энергетического обмена. Сформулировал и математически доказал фундаментальный закон кибернетики – закон необходимого разнообразия информации в системах управления (Закон Эшби).

В таблице 1.1 представлена история развития системных идей.

Таблица 1.1 - История развития системных идей

Основные вехи эволюции системных идей	Основные положения
Рождение понятия «система» (2500—2000 гг. до н. э.)	Слово «система» появилось в Древней Элладе и означало сочетание, организм, организация, союз. Выражало и некоторые акты деятельности (нечто, поставленное вместе, приведенное в порядок). Связано с формами социально-исторического бытия
Тезисы Демокрита (460—370гг. до н. э.),	Перенос значения слова с одного объекта на другой совершается поэтапно. Метафоризация (перенос скрытое уподобление, метафораобразное сближение слов на базе их переносного значения, например, «свинцовая туча») была начата греческим философом Демокритом. Он уподобил образование сложных тел из атомов с образованием слов из слогов. Аристотель трансформировал метафору в
Аристотеля (384—322 гг. до н. э.)	философской системе. Важно, что именно в античной философии был сформулирован тезис — целое больше суммы его частей (Философский словарь М.: Политиздат, 1980. С. 329)
Концепции эпохи Возрождения	Трактовка бытия как космоса сменяется на систему мира как независимое от человека, обладающее определенной организацией, иерархией, структурой Бытие становится не только предметом философского размышления (для постижения целостности), но и специально-научного анализа (каждая дисциплина вычленяет определенную область)

Продолжение таблицы 1.1

Идеи Н. Коперника (1473 —1543)	Новая трактовка системности — в создании гелиоцентрической картины мира. Земля, как и другие планеты, обращается вокруг Солнца
Идеи Г. Галилея (1564 —1642), И. Ньютона (1642 —1727)	Галилей и Ньютон преодолели телеологизм (учение о конечных причинах) Николая Коперника в его астрономии, выработали определенную концептуальную систему с категориями — вещь и свойства, целое и часть... Вещь трактовалась как сумма отдельных свойств (забыли тезис античности??). Отношение выражало воздействие некоего предмета на другой, первый из которых являлся причиной, а второй — следствием. Очень важно: на первый план выдвигался каузальный, а не телеологический способ объяснения
Немецкая классическая философия	Глубокая и основательная разработка идеи системной организации научного знания. Структура научного знания стала предметом специального философского анализа
Идеи И. Ламберта (1728 —1777)	Всякая наука, как и ее часть, предстает как система, трактуемая как целое!
Идеи И. Канта (1724 —1804)	Кант не только осознал системный характер научного знания, но и превратил эту проблему в методологическую, выявив процедуры системного конструирования знания. Однако он считал, что принципы образования систем являются характеристиками лишь формы, а не содержания знания
Идеи И. Фихте (1762 —1814)	Фихте поправил И. Канта, считая, что научное знание есть системное целое. Однако он ограничил системность знания систематичностью его формы. Это привело к отождествлению системности научного знания и его систематического изложения, т. е. внимание обращалось не на научное исследование, а на изложение знания
Идеи Г. Гегеля (1770 —1831)	Гегель исходил из единства содержания и формы знания, тождества мысли и действительности. Трактовал становление системы в соответствии с принципом восхождения от абстрактного к конкретному. Но отождествляя метод и систему, телеологически истолковывая историю знания, он не смог предложить методологические средства для формирования системных образований
Теоретическое естествознание XIX —XX вв.	Различение объекта и предмера познания, повышение роли моделей в познании, фиксация наличия особых интегративных характеристик, исследование системообразующих принципов (порождение свойств целого из элементов и свойств элементов из целого), возможность предсказания!!!
Марксизм	Человек в процессе производства может действовать лишь так, как действует сама природа. Теоретики марксизма выдвинули принципы анализа системности научного знания: историзм, единство содержания и формы, трактовка системности как открытой системы

Идеи А.А. Богданова (1873-1928 гг.)	Богданов выразил многие важные идеи кибернетики, сформулированные Н. Виннером и У. Эшби, значительно раньше, хотя и в иной форме. Предвосхитил ОТС Л. Берталанфи в работе по тектологии (от гр. «строитель»). Основная идея — признание необходимости подхода к любому явлению со стороны его организованности (системности — других авторов). Под организованностью он понимает свойство целого быть больше суммы своих частей. Чем больше целое разнится от суммы, тем более оно организовано!!!
-------------------------------------	--

Продолжение таблицы 1.1

Идеи Л. Берталанфи (1901 —1972)	Берталанфи первым из западных ученых разработал концепцию организма как открытой системы и сформулировал программу построения ОТС. Проводил мысль о неразрывности естественнонаучного [биологического) и философского (методологического) Сначала создал теорию открытых систем, граничащую с современной физикой, химией и биологией. Классическая термодинамика исследовала лишь закрытые системы. Организм представляет собой открытую систему, остающуюся постоянной при непрерывном изменении входящих в него веществ и энергии (так называемое состояние подвижного равновесия). Позже он обобщил идеи ТОС и выдвинул программу построения ОТС, являющейся всеобщей теорией организации. Проблемы организации, целостности, динамического взаимодействия были чужды классической физике. Он пришел к концепции синтеза наук, которую в противоположность «редукционизму», т.е. сведению всех наук к физике, он называет «перспективизмом». ОТС освобождает ученых от массового дублирования работ, экономя астрономические суммы денег и времени. Его недостатки: неполное определение «системы», отсутствие особенностей саморазвивающихся систем, теоретические исследования не всех видов «связи» и пр. Но главный недостаток: утверждение автора, что ОТС выполняет роль философии современной науки. Но это не так, ибо для философского учения с методами исследования необходимы совершение иные (новые) исходные понятия и иная направленность анализа: абстрактное и конкретное, специфически мысленное знание, связь знаний ОТС.
Концепции современности	Идеи СП нашли свое отражение в работах следующих авторов: Р. Акоффа, В. Афанасьева, С. Вира, И. Блауберга, Д. Бурчфилда, Д. Гвишиани, Г. Гуда, Д. Диксона, А. Зиновьева, Э. Квейда, В. Кинга, Д. Клиланда, В. Кузьмина, О. Ланге, В. Лекторского, В. Лефевра, Е. Липатова, Р. Макола, А. Малиновского, М. Месаровича, Б. Мильнера, Н. Овчинникова, С. Оптнера, Г. Поварова, Б. Радвига, А. Рапопорта, В. Розина, В. Садовского, М. Сетрова, В. Топопова, А. Умова, Б. Флейшмана, Ч. Хитча, А. Холла, Б. Юдина, Ю. Черняка, Г. Щедровицкого, У. Эшби, Э. Юдина

План практического занятия

1. Смена типов мировоззрений на протяжении истории.
2. Становление представлений о системе.
3. Системные науки и их связь с общей теорией систем.
4. Авторы основных системных наук и системных направлений в науке.

Вопросы

1. Назовите основные революционные этапы в смене мировоззрения.
2. Что представляет собой гелиоцентрическая картина мира?
3. В чем отличие геоцентрической картины мира от гелиоцентрической?
4. Какова роль ньютоновской механики в понимании мира?
5. Что такое «редукционизм»?
6. Основные системные науки и их предметы.
7. Назовите научные открытия, ставшие важными вехами в формировании системного мышления.
8. Кто считается основателем общей теории систем?
9. Какова роль А. Богданова в становлении системных знаний?
10. Чем занимается праксеология?
11. Как соотносятся между собой тектология, общая теория систем и праксеология?
12. Какова роль законов термодинамики в формировании современного мировоззрения и системного подхода к научным исследованиям?
13. Укажите связи между данными понятиями: системная теория, системный подход, системный метод.
14. Может ли система являться элементом другой системы более высокого порядка?
15. Может ли система включать в себя системы низкого порядка?
16. Назовите основоположников системного знания.
17. Перечислите системные науки и назовите их предметы.
18. Каковы связь и соотношение между системными науками?
19. Какова связь между кибернетикой и теорией организации?
20. Какова роль Б. Трентовского в формировании системных знаний?
21. Назовите представителей отечественной науки, внесших вклад в формирование системных знаний.
22. Каково значение типологии «кристаллической решетки» Е.С. Федорова для науки о системах?
23. Объясните системность как всеобщее свойство материи.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМНЫЕ ПОНЯТИЯ

Содержание темы

Понятие «система» и его становление. Основные системные понятия: элемент, компонент, подсистема, свойство, связь, наблюдатель, язык наблюдателя, цель, структура, состояние, функция, среда, модель. Виды связей. Прямая и обратная связь. Положительная и отрицательная обратная связь.

Основные понятия темы

Центральное понятие - **система**. В настоящее время нет единства в определении этого понятия. При этом понятия не противоречат друг другу, но отличаются полнотой.

Термин «система» употребляется во многих значениях, что приводит к опасности упустить основное содержание этого понятия.

Под системой понимается:

- «Комплекс элементов, находящихся во взаимодействии» (Л. Берталанфи);
- «Нечто такое, что может изменяться с течением времени», «любая совокупность переменных..., свойственных реальной логике» (Р. Эшби);
- «Множество элементов с соотношением между ними и между их атрибутами (Холл А., Фейдшин Р.)»;

- «Совокупность элементов, организованных таким образом, что изменения, исключения или введение нового элемента закономерно отражаются на остальных элементах» (Топоров В.Н.);

- «Взаимосвязь самых различных элементов», «все состоящее из связанных друг с другом частей» (С. Бир);

- «Отображение входов и состояний объекта в выходных объекта» (М. Месарович).

Правильно было бы сказать, что строгого, единого определения для понятия «система» в настоящее время нет.

Все многообразие подходов к определению понятия "система" (а их известно более сорока) **можно разделить на следующие группы.**

Первую группу составляют определения системы как выбираемой исследователем любой совокупности переменных, свойств или сущностей (такой подход характерен для У.Р. Эшби, а также М. Тоды и Э. Шуфорда). Если следовать подобной логике, то системой могут оказаться два любых произвольно выбранных объекта, имеющих в действительности настолько слабые взаимосвязи, что они либо не могут быть уловлены наблюдателем, либо ими можно пренебречь.

Вторую группу составляют определения системы, связывающие ее с целенаправленной активностью. Например, И.М. Верещагиным система определена как "организованный комплекс средств достижения общей цели". Н.Г. Белопольский считает, что материальная система - это созданная с определенной целью природой или человеком часть объективного материального мира, которая состоит из относительно устойчивых взаимодействующих и взаимосвязанных элементов, развитие и совершенствование которой зависит от взаимодействия с окружающей средой. Если имеются в виду только искусственные системы, остается непонятным, почему из поля зрения выпали естественные. Если же, как во втором определении, рассматриваются оба типа систем, то для природных объектов нужно признать существование субъекта, задающего цель (фактически - Бога-творца), что выходит за рамки научного исследования, по крайней мере в современных условиях. Далее, помимо развития и совершенствования (см. определение Н.Г. Белопольского), в системах могут происходить процессы деградации и разрушения, которые зависят не только от взаимодействия систем с окружающей средой, но и от внутренних свойств самой системы. Следовательно, ни первая, ни вторая группы определений не дают адекватного понимания системы.

Третья группа базируется на понимании системы как множества элементов, связанных между собой. В этом случае встает вопрос, можно ли определить что-либо через понятие множества, не имеющее определения и вводимое для каждого конкретного случая? Э.Р. Раннап и Ю.А. Шрейдер также выступают против определения системы через множество, заметив, что любая система допускает возможность различных ее членений, каждая из которых является множеством, т. е. систему можно рассматривать как множество, но сама по себе множеством она не является, с чем трудно не согласиться.

Четвертую группу составляют наиболее общие определения системы как комплекса элементов, находящихся во взаимодействии. В этом случае может возникнуть заблуждение, что любые, даже очень слабо взаимодействующие объекты могут быть отнесены к категории "система" и рассмотрены с системных позиций.

А.М. Корилов и Е.Н. Сафьянова выделяют два аспекта в определении системы. **Дескриптивное** (описательное) определение, по их мнению, должно отвечать на вопрос о том, как отличить системный объект от несистемного; а **конструктивное** должно помочь исследователю в ответе на вопрос о том, как строить систему путем выделения ее из среды.

Дескриптивное определение системы проводит более четкую границу между системными и несистемными объектами и дает, таким образом, понятие системы "вообще", а конструктивное - базируется на общих принципах выделения системы из среды и предоставляет возможность определения понятия конкретной системы.

Наиболее оправданным подходом, отвечающим требованиям, предъявляемым дескриптивным определением к понятию "система", является введение его через понятия **совокупности, взаимосвязи и целого**. В соответствии с этим дадим следующее дескриптивное определение понятия "система". **Системой является совокупность объектов, взаимосвязанных между собой, которые образуют единое целое, обладающее свойствами, не присущими составляющим его объектам, взятым в отдельности.**

Конструктивный подход, как уже отмечалось, помогает исследователю построить систему путем выделения ее из среды и основан на рассмотрении структуры системы, определяемой ее функцией. С этой точки зрения любую открытую систему принято схематически представлять в виде **"черного ящика"**.

Входы, или ресурсы системы представляют собой объекты, передаваемые системе из среды. При помощи входов осуществляется влияние среды на систему.

Выходы, или конечный продукт системы, - это объекты, передаваемые системой окружающей среде. Посредством выходов система может оказывать влияние на среду.

Описание системы через входы и выходы иногда называют внешним поскольку оно дает понимание связей системы с окружающей средой, оставляя без внимания то, что происходит внутри системы. Этот пробел восполняет внутреннее, локальное описание системы, рассматривающее механизм преобразования входов в выходы, т.е. **процессор**.

Процессор включает в себя правила преобразования входов в выходы; средства этого преобразования; его исполнителей (если в систему входит человек); объект преобразования, катализатор, способствующий ускорению преобразования, и время. Очень часто, то, что подлежит преобразованию (в экономических системах это предмет труда), не рассматривается как часть процессора, что скорее всего связано с тем, что оно считается частью входов системы. Но ведь в принципе любой объект системы, или "материал" для его построения, должен сначала быть поданным на входы и лишь потом присваивается системой как неотъемлемая составная часть. Еще один аргумент в пользу включения объекта преобразования в саму систему, в ее процессор, добавляет то, что и средства преобразования, и его исполнители, рассматриваемые как части процессора, тоже проходят через входы системы. Да и правила преобразования (например, технология) часто задаются системе извне. И наконец, объект преобразования вполне удовлетворяет предложенному В.Н. Садовским критерию, согласно которому множество элементов образует систему, если для каждого элемента справедливо хотя бы одно из двух: а) элемент имеет отношение хотя бы с одним другим элементом; б) по крайней мере один элемент имеет с ним отношения (причем для входных элементов справедливо только а), а для выходных - б). Все это позволяет включить объект преобразования в состав процессора системы. Объекты, не удовлетворяющие названному выше критерию системности, являются средой системы.

С учетом рассмотренного конструктивного определения системы, можно конкретизировать данное выше дескриптивное определение системы следующим образом.

Под системой следует понимать некоторую целостную совокупность, состоящую из отдельных элементов, которые связаны между собой материальными, энергетическими или информационными связями, в результате чего эта совокупность имеет некоторые специфические свойства, не присущие в полной мере каждому из входящих в него элементов.

Из этого определения видно, что весь окружающий нас реальный мир состоит из систем и сам представляет собой некоторую систему. Отсюда, если при рассмотрении какой-то конкретной системы выделить любой ее элемент, то он также окажется системой, состоящей из ряда других элементов, которые тоже являются системами и т. д.

Таким образом, **каждая система является элементом другой, более крупной системы, и каждый элемент в свою очередь является системой, но только меньшей, чем та, в которую он входит.**

Материальные, энергетические или информационные связи представляют собой не что иное, как **операции** (целенаправленное действие) по обработке материальных, энергетических или информационных потоков. Каждая из этих операций может выполняться несколькими элементами системы одновременно. **Взаимное выполнение операций объединяет или связывает элементы между собой.** Поскольку элементы системы выполняют операции путем реализации своих **свойств**, то выполнение каждой операции обобщает и интегрирует свойства элементов, превращая их в некоторое специфическое свойство группы элементов, отличающееся от свойств каждого элемента.

Здесь следует отметить, что в зависимости от того, какие элементы выполняют операцию, она может быть **неделимой (элементарной)** или **составной (системной)**. Так, если операция выполняется с помощью элементов некоторой системы, которая входит в состав другой системы в виде элемента, то на уровне последней эта операция будет неделимой, а на уровне первой - составной.

Все операции, которые выполняют элементы системы, складываются в некоторую последовательность (совокупность), называемую **функционированием** системы. Через способность достигать **цель** с помощью функционирования выявляются возможности или свойства всей системы в целом. Отсюда, **функционирование, определяя взаимосвязь элементов в системе через совместное выполнение ими операций, отражает собой структуру системы.**

Структура системы и ее элементы могут быть подвижными, то есть изменяющимися, объектами даже тогда, когда система не меняет своего назначения, то есть цель и другие **функции** системы остаются постоянными. Это, как правило, происходит в случае решения задачи совершенствования системы, например, повышения ее эффективности.

Очевидно, что структура и **состав** системы обуславливают друг друга, однако ни состав элементов, ни структура не определяют друг друга однозначно. Так, структура системы может быть одна и та же, а состав элементов, выполняющих операции, - разный. Это объясняется тем, что необходимые для выполнения операций свойства могут иметь совершенно разные элементы, а значит, одни и те же операции могут выполняться разными элементами.

В то же время, структура системы - состав операций и их последовательность - может изменяться, а состав элементов оставаться постоянным. Это, конечно, возможно, когда неизменный состав элементов имеет свойства, достаточные для обеспечения изменения структуры.

Если система создана или модернизирована и какой-то период времени не меняет свой состав и структуру, то граница такой системы на данный период определяется в основном ее структурой.

Дело в том, что некоторые элементы могут принадлежать сразу нескольким системам, но в разное время, т. е. одни и те же элементы могут мигрировать из системы в систему, участвуя в функционировании каждой из них, используя соответствующие свои свойства. Обычно такие элементы имеют расширенный набор свойств, позволяющий в системе реализовать одну функцию, а в другой системе - другую, то есть систем несколько, а элемент один и тот же, но многофункциональный и подвижный.

Отсюда следует, что несколько систем могут быть функционально связаны не только операциями, выполняемыми совместно их элементами, но и через элементы, принадлежащими сразу нескольким системам.

Элемент – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе. Предел членения системы, т.е. неделимости ее элементов, определяется с точек зрения решения конкретной задачи, поставленной цели или аспекта изучения объекта как системы.

Подсистема – более крупный компонент, чем элементы, и в то же время более детальный, чем система в целом. Подсистема включает в себя совокупность взаимосвязанных элементов, способных выполнять относительно независимые функции, подцели, направленные на достижение общей цели системы.

Структура системы – совокупность элементов системы и связей между ними.

Модель – описание системы, отображающее определенную группу ее свойств. Создание модели системы позволяет предсказывать ее поведение в определенном диапазоне условий.

Организационная структура управления (оргструктура, ОСУ) представляет собой состав и взаимосвязь структурных управленческих звеньев. Эффективность работы организации существенно зависит от организационной формы, выбранной для управления им. Этот выбор повлияет на количество уровней управления организацией (предприятием), количество звеньев управления на каждом уровне, трудоемкость выполнения функций управления, затраты на управления.

Поведение системы – реальное или потенциальное действие системы, способность системы переходить от одного состояния в другое.

Подсистема – относительно независимая часть системы, выделенная по определенному признаку, обладающая свойствами системы.

Показатель – характеристика, отражающая качество системы или целевую направленность процесса (операции), реализуемой системой.

Показатели делятся на *частные показатели* качества (или эффективности системы) и *обобщенный показатель* качества (или эффективности) системы. Различие между показателями качества и эффективности состоит в том, что показатель эффективности характеризует процесс и эффект от функционирования системы, а показатели качества – пригодность системы для использования ее по назначению.

Процесс – совокупность состояний системы, упорядоченных по изменению какого-либо параметра(ов), определяющих свойства системы.

Связь – понятие, выражающее необходимые и достаточные отношения между элементами.

Под связью в теории систем понимают проявление свойств коммуникации в процессе взаимодействия элементов системы и системы со средой. Связь осуществляется на основе обмена энергией, информацией и веществом в процессе динамического развития элементов.

Связь можно рассматривать как ограничение свободы элементов. Все элементы любой системы всегда вступают во взаимодействие друг с другом, теряя при этом некоторые из своих свойств. Наличие свойства взаимосвязи у элемента (коммуникации) обеспечивает его жизнедеятельность.

Связи генетические, или **порождения** – связи между объектами, при которых одни объекты являются основой для рождения другого объекта. Характерны для живых природных систем.

Связи функционирования обеспечивают реальную жизнедеятельность объекта-системы. Этот вид связей наиболее многообразен. Общее для них состоит в том, что элементы объединяются для реализации определенной функции, которую может нести один из элементов, а другие его дополняют или обеспечивают ее выполнение. Такие связи подразделяются на *связи-состояния* (следующее по времени состояние является функцией предыдущего), *информационные* и *энергетические* (элементы связаны единством реализации функции). В процессе функционирования элементов существуют прямые, обратные и циклические связи.

Связи прямые определяют однонаправленное воздействие одного элемента на другой или одной системы на другую (выходные параметры зависят от входных).

Связь обратная осуществляется на основе воздействия выходных параметров системы на входные параметры этой же системы.

Обратная связь является важнейшим кибернетическим понятием и механизмом. Она является основой саморегулирования и развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования.

Обратная связь обеспечивает взаимодействие между элементами в системе и системами внешнего окружения (средой).

Циклическая связь есть сложный вид обратной связи. Она возникает между элементами в системе и определяет ее полный жизненный цикл.

Система – целостная совокупность взаимосвязанных элементов, имеющая определенную структуру и взаимодействующая с окружающей средой в интересах достижения цели.

Ситуация – совокупность состояний системы и среды в один и тот же момент времени.

Событие – изменение, по крайней мере, одного свойства системы.

Состояние системы – множество значений характеристик системы в данный момент времени. Эти характеристики (параметры, свойства, признаки, качества) в каждый рассматриваемый момент времени отражают наиболее существенные (по цели исследования) стороны системы.

Состояние системы отражает состояние ее входов, внутреннее состояние и состояние выводов.

Система – отображение входов и состояний объекта в выходах объекта.

Среда – все, что находится за пределами внешней границы и структуры системы, но оказывает заметное влияние на уровень выполнения ею своих функций.

Выделение системы из среды – начало исследования системы. Это выделение имеет субъективный характер. Исследователь (наблюдатель) сам определяет границы системы в зависимости от целей исследования и создания определенной системы. Если определить перечень элементов (компонентов), из которых должна состоять определенная система, и установить ее границы, то все, что находится внутри ограниченного пространства, является системой, а за ее пределами – относится к среде.

Структура (от лат. *structura* – строение, распорядок, порядок) – отражает определенные взаимосвязи, взаиморасположение составных частей системы, ее устройство (строение).

Структура системы – это модель ее организации. Одна и та же система может быть описана разными видами структур в зависимости от целей и стадий исследования или проектирования. Структурные описания систем позволяют представить строение системы путем разделения ее на элементы, компоненты, подсистемы со связями.

«*Структура поля*» – множество элементов или компонентов, связанных между собой некими отношениями. Понятие «поле» возникло в процессе развития теории множеств и математической логики. Согласно *Бертрану Расселу*, под полем понимается множество множеств значений аргументов данного отношения.

Функция системы – совокупность всех возможных ее поведений. Она указывает действие, которое может выполнить система в данный момент времени при переходе к следующему дискретному моменту времени.

Функционирование системы – процесс работы системы, заключающийся в последовательной (по времени) смене состояний. В процессе функционирования системы могут изменяться как структура, так и сама функция системы.

Характеристика – то, что отражает некоторое свойство элемента системы.

Цель – желаемое состояние системы или ее части, ситуация или область ситуаций, которая должна быть достигнута при функционировании системы за определенный промежуток времени.

Элемент – простейшая (по целевому устремлению наблюдателя), условно неделимая, самостоятельно функционирующая часть системы.

Эффективность процесса – степень его приспособленности к достижению цели.

План практического занятия

1. Понимание системы и усложнение ее определений.
2. Элемент как важнейшая структурная часть системы.
3. Связи в системе.

Вопросы

1. Как определяются границы системы?

2. Чем компонент отличается от подсистемы?
3. Может ли система всегда находиться в равновесном состоянии?
4. Как связаны между собой система и среда?
5. Почему одной из важнейших в общей теории систем является категория цели?
6. Как изменяется описание системы в зависимости от целей этого описания?
7. Охарактеризуйте связи в системе.
8. Проанализируйте определения понятия «система».
9. Назовите понятия, характеризующие строение систем.
10. Назовите понятия, характеризующие функционирование систем.
11. Как понимать функцию системы?
12. Как функция системы связана со средой?
13. Может ли система не иметь целевого характера?
14. Согласны ли вы, что всякая деятельность является целенаправленной? Приведите примеры.
15. Что является источником цели?

Задания

Задание 1. Классифицируйте связи в системе по различным признакам.

Задание 2. Приведите различные определения понятия «система» (не менее пяти), дайте их сравнительный анализ. Заполните таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Определения понятия «система»

Понятие	Определение	Пример относительно конкретной системы
Элемент		
Подсистема		
Связи		
Свойства		
Структура		

Задание 3. Дайте определения понятий:

Система – это _____

Внешнее окружение – это _____

Внутренняя структура – это _____

Объектом теории систем являются _____

Предмет теории систем — это _____

Системность предполагает _____

Проблемы исследования сложных систем _____

Критерий – это _____

Задание 4. Вопросы для размышления:

Как вы думаете, в чем заключается главный методологический принцип исследования системы и ее окружения?

В чем заключается основа выявления проблем системного характера, подготовки и принятия соответствующих решений?

Как можно описать любую систему? _____

Что такое функционирование системы? _____

В ходе исследования сложного объекта возникают вопросы. Перечислите их.

Процессы принятия решений в системах обладают рядом специфических особенностей. Перечислите их _____

В зависимости от степени информативной определенности различают структурированные, слабоструктурированные и неструктурированные решения. Охарактеризуйте каждое

Задание 5. Даны следующие системы: **ВУЗ, банк, бухгалтерия, аудитория, лекция, космический корабль.** Выявите первостепенные, на ваш взгляд, проблемы, возникающие в этих системах, предмет, объект систем, закономерности их деятельности (функционирования), окружение, влияющее на развитие этих систем.

3. СВОЙСТВА СИСТЕМ

Содержание темы

Целостность системы. Эмерджентность и аддитивность. Эквивифинальность системы. Синергичность. Адаптивность и надежность. Живучесть системы. Гомеостаз, изоморфизм. Функционирование, рост и развитие системы. Устойчивость и управляемость. Неопределенность, оптимальность и другие свойства системы.

Основные понятия темы

Эмерджентность. При объединении элементов в систему наблюдается явление эмерджентности.

Эмерджентность (от англ. emergence — возникновение, явление нового) — это возникновение в системе новых интегративных качеств, не свойственных ее компонентам.

Эмерджентность является одной из форм проявления диалектического закона перехода количественных изменений в качественные (о том, что объединение элементов создает новое качество, человечество знало давно, еще со времен Аристотеля). Чем проще система, чем из меньшего числа элементов и связей она состоит, тем меньше проявляет она системное качество, и чем сложнее система, тем более непохожим является ее системный эффект по сравнению со свойствами каждого элемента.

Из данного свойства следует важный практический вывод: невозможно предсказать свойства системы в целом, разбирая и анализируя ее по частям.

Кроме эмерджентных свойств, у системы сохраняются отдельные свойства, свойственные ее элементам.

Целостность. Более общим свойством, чем эмерджентность, является целостность.

Если изменение в одном элементе системы вызывает изменения во всех других элементах и в системе в целом, то говорят, что система ведет себя как целостность или как некоторое связанное образование.

Целостность возникает благодаря связям в системе, которые осуществляют перенос (передачу) свойств каждого элемента системы ко всем остальным элементам.

Предельным случаем целостности является абсолютная целостная система. Благодаря абсолютно жестким связям такая система может находиться только в одном состоянии, поэтому энтропия ее равна нулю. Абсолютно жесткие связи предполагают передачу свойств от элемента к элементу без потерь (с максимально возможным коэффициентом передачи: «к» = 1). Тогда воздействие на любой элемент системы тождественно отразится во всех элементах и в системе в целом.

В реальных системах связи между элементами не являются абсолютно жесткими («к» < 1), из-за чего система может находиться в нескольких состояниях. В этом случае воздействие на элемент системы отразится во всех элементах и в системе в целом, но с неким «затуханием».

Следствием целостности является наличие побочных эффектов как положительных, так и отрицательных. Когда осуществляется какое-либо изменение в одной части системы, его влияние распространяется в разные стороны, подобно кругам на воде от брошенного в нее камня; поэтому действия в пределах системы не могут быть ограничены только отдельной ее частью. Ярким примером является воздействие лекарств на организм: нет такого лекарства, которое, кроме положительного воздействия на больной орган, не имело бы побочных эффектов его применения для других частей организма (иногда положительных, но чаще отрицательных).

Интегративность. Этот термин часто употребляется как синоним целостности. Однако им обычно подчеркивают интерес не к внешним факторам проявления целостности, а к более глубоким причинам формирования этого свойства — к его сохранению. Интегративными называют системообразующие, системосохраняющие факторы, важными среди которых являются неоднородность и противоречивость ее элементов.

Аддитивность. Противоположный случай - поведение объекта, состоящего из совокупности частей, совершенно не связанных между собой; здесь изменение в каждой части зависит только от самой этой части. Такое свойство называют физической аддитивностью, суммативностью, независимостью, обособленностью.

Если изменения в системе представляют собой сумму изменений в ее отдельных частях, то такое поведение называется обособленным, или физически суммативным.

Свойство физической аддитивности проявляется у системы, как бы распавшейся на независимые элементы.

В этом крайнем случае, когда ни о какой системе говорить уже нельзя, мы получаем некую вырожденную систему. Если считать элементы системы неделимыми, то энтропия аддитивного образования достигает максимума.

Синергизм. Синергизм (от греческого сотрудничество, содействие) проявляется в виде мультипликативного эффекта при однонаправленных действиях. Мультипликативность отличается от аддитивности тем, что отдельные эффекты не суммируются, а перемножаются.

Изоморфизм и изофункционализм. Изоморфизм - это сходство объектов по форме или строению. Это означает, что системы, рассматриваемые отвлеченно от природы составляющих их элементов, являются изоморфными друг другу, если каждому элементу одной системы соответствует лишь один элемент второй и каждой связи в первой системе соответствует связь в другой и наоборот.

Если ввести в описание систем в качестве параметра время, т. е. рассматривать их в динамике, то понятие изоморфизма можно расширить до так называемого изофункционализма и с его помощью сопоставлять сходные процессы (физические, химические, производственные, экономические, социальные, биологические и др.).

Отсюда следует: системы, находящиеся между собой в состоянии изоморфизма и изофункционализма, имеют сходные системные свойства.

Коммуникативность. Любая система не изолирована от других систем, но связана множеством коммуникаций с окружающей средой, которая представляет собой сложное и неоднородное образование, содержащее:

- надсистему (систему более высокого порядка, задающую требования и ограничения рассматриваемой системе);
- элементы или подсистемы (нижележащие, подведомственные системы);
- системы одного уровня с рассматриваемой.

Такое сложное единство системы со средой названо коммуникативностью.

В силу коммуникативности каждый уровень иерархической упорядоченности имеет сложные взаимоотношения с вышестоящим и нижележащим уровнями.

Иерархичность. Иерархичность заключается в том, что любую систему можно представить в виде иерархического образования. При этом на всех уровнях иерархии действует закономерность целостности. Более высокий иерархический уровень объединяет элементы нижестоящего и оказывает на них направляющее воздействие. В результате подчиненные члены иерархии приобретают новые свойства, отсутствовавшие у них в изолированном состоянии. А возникшее в результате объединения нижестоящих элементов новое целое приобретает способность осуществлять новые функции (проявляется свойство эмерджентности), в чем и состоит цель образования иерархий. Эти особенности иерархических систем наблюдаются как на биологическом уровне развития Вселенной, так и в социальных организациях, при управлении предприятием, объединением или государством, а также при представлении замысла проектов сложных технических комплексов и т. и.

Использование иерархических представлений оказывается полезным в случае исследования систем и проблемных ситуаций с большой неопределенностью. При этом происходит как бы расчленение «большой» неопределенности на более «мелкие», лучше поддающиеся исследованию. Даже если эти мелкие неопределенности не удастся полностью раскрыть и объяснить, то все же иерархическое упорядочение частично снимает общую неопределенность и обеспечивает, по крайней мере, более эффективное управляющее решение.

Развитие. Развитие во времени связано с **историчностью**.

Из диалектики известно, что любая система не может быть неизменной, что она не только возникает, функционирует, развивается, но и погибает — любая система имеет свой жизненный цикл.

Жизненный цикл - это период времени от возникновения потребности в системе и ее становления до снижения эффективности функционирования и «смерти» или ликвидации системы.

В последнее время понятие жизненного цикла стали связывать с закономерностью историчности - время является непременной характеристикой системы, поэтому каждая система исторична.

Если для биологических и социальных систем легко можно привести примеры становления, расцвета, упадка и даже смерти (гибели), то для конкретных случаев развития организационных систем и сложных технических комплексов трудно определить эти периоды. Не всегда руководители организаций и конструкторы технических систем учитывают закономерности историчности.

Рост и развитие. Любая система со временем претерпевает количественные и качественные изменения. Для этих изменений вводятся понятия «рост» и «развитие». Важно различать эти понятия, поскольку рост и развитие далеко не одно и то же, и далее не обязательно одно связано с другим.

Рост - это увеличение в числе и размерах. *Развитие* - это изменения процессов в системе во времени, выраженные в количественных, качественных и структурных преобразованиях от низшего (простого) к высшему (сложному).

При развитии происходят количественные, качественные и структурные преобразования от низшего (простого) к высшему (сложному).

Наряду с положительными тенденциями, приписываемыми росту и развитию, можно говорить и об отрицательных тенденциях: отрицательный рост - сокращение, уменьшение и отрицательное развитие - деградация, дезорганизация, деструкция.

Деградация - это постепенное ухудшение, снижение или утрата положительных качеств, упадок, вырождение.

При этом рост (положительный и отрицательный) и развитие, как правило, реализуются путем целенаправленных воздействий на систему, а деградация является естественным процессом. Отсюда следует, что пока существует целенаправленное воздействие на систему, она будет развиваться. Если прекратить такое воздействие, то система будет деградировать.

Организованность – целевая упорядоченность всех элементов системы.

Эквифинальность – это свойство переходить от менее развитой организации к другой, более совершенной и развитой по преимуществу за счет возрастания порядка и развития прежней организованности путем усложнения структуры, появления более развитых элементов и их лучших структурных соотношений как результата особого качества – способности открытых систем устанавливать помимо отрицательных еще и положительные обратные связи и запоминать, благодаря этому, те катастрофические условия, которые ведут к гибели, и предупреждать их.

Таким образом, эквифинальность характеризует предельные возможности систем определенного класса сложности.

Мультипликативность выражается в том, что эффекты, как положительные, так и отрицательные обладают свойством умножения. Умножение отрицательных эффектов происходит в режиме самодвижения, саморазрушения, умножение положительных эффектов осуществляется посредством организованности.

Адаптивность – способность приспосабливаться к изменениям внутренних и внешних условий таким образом, чтобы эффективность и стабильность не ухудшались. Таким образом, адаптивность характеризует способность системы эффективно выполнять заданные функции по достижению целей в определенном диапазоне изменяющихся условий. Чем шире этот диапазон (ширина диапазона определяется количеством воспринимаемых возмущающих факторов перемен и силой их влияния), тем более адаптивной является система.

Гомеостаз – способность системы в силу целостности своего образования воспроизводить себя, восстанавливать утраченное равновесие, преодолевать сопротивление внешней среды.

Надежность – свойство системы реализовывать заданные функции в течение определенного периода времени с заданными параметрами качества. Надежность системы обеспечивается надежностью элементов, избыточностью отдельных элементов, дублированием процессов.

Живучесть – способность изменять цели функционирования при отказе и (или) повреждении элементов системы.

Свойства самоорганизующихся систем:

- *открытость* – означает, что система функционирует и поддерживает определенное состояние за счет непрерывного обмена веществом, энергией и информацией с внешней средой; важную роль играет воздействие случайных факторов и проявление флуктуации (от лат. *fluctuation* – колебание), то есть отклонение от заданных параметров.

- *нелинейность* – означает возможность неожиданных изменений в самой системе под воздействием совокупности случайных факторов внешней среды; доминируют неравновесные и неустойчивые состояния;

- *диссипативность* – проявляется в способности системы аккумулировать и перераспределять внутренние ресурсы для противодействия внешним факторам, то есть среди множества микропроцессов изменять те, которые не отвечают общей тенденции развития; в результате могут спонтанно возникать новые типы структур, возникать новые динамические свойства систем;

- *динамичность* – изменчивость с высокой скоростью.

План практического занятия

1. Свойство целостности и эмерджентности.
2. Свойство коммуникативности и иерархичности.
3. Рост и развитие систем.
4. Другие свойства систем.

Задания

Задание 1. Проиллюстрируйте понятия, характеризующие функционирование и развитие си-

стем, на примере какой-либо системы. Заполните таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Функционирование и развитие систем

Понятие	Определение	Пример относительно конкретной системы
Состояние		
Поведение		
Связи		
Равновесие		
Устойчивость		
Развитие		
Функционирование системы		

Задание 2. Дайте определение следующим свойствам систем. Заполните таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Свойства систем

Целостность	
Эмерджентность	
Аддитивность	
Членимость	
Коммуникативность	
Иерархичность	
Организованность	
Эквифинальность	
Синергичность	
Мультипликативность	
Адаптивность	
Гомеостаз	
Надежность	
Живучесть	
Изоморфизм	
Историчность	
Рост	
Развитие	
Деградация	
Делимость	
Изолированность	
Интегративность	
Устойчивость	
Управляемость	
Достижимость	
Открытость	
Идентифицируемость	
Неопределенность	
Оптимальность	
Робастность	

4. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ

Содержание темы

Физические и абстрактные системы. Искусственные и естественные системы. Классификация систем по их происхождению. Классификация систем по наличию взаимосвязи с окружающей средой. Классификация систем по типу переменных. Классификация систем по способам управления. Большие и малые системы, сложные и простые системы. Другие классификационные признаки систем.

Основные понятия темы

Системы могут быть разделены на классы по различным признакам.

Физические системы состоят из изделий, оборудования и машин и, вообще, из естественных или искусственных объектов. Этим системам могут быть противопоставлены **абстрактные системы**, которые не имеют прямого аналога. В абстрактных системах свойства объектов, которые могут существовать только в уме исследователя, представляют символы. Это могут быть: языки (естественные и искусственные), системы исчислений и т.п. Идеи, планы гипотезы и понятия, находящиеся в процессе исследования, могут также быть представлены как абстрактные системы.

Естественные системы - это системы, которые существуют реально, например, механические, биологические, эргодические (человеко-машинные). В свою очередь, **искусственные системы** являются продуктом человеческого труда и ума.

Напомним основные признаки системы: ее структурированность, взаимосвязь составляющих элементов, подчиненность организации всей системы определенной цели.

Если речь идет о системах, созданных человеком, то такое определение системы понятно и очевидно, т.к. цель ставит человек. В этом случае системы называются искусственными, а цели субъективными.

Кроме искусственных систем, есть еще и естественные системы (возникшие в природе без участия человека).

Признав существование естественных систем можно расширить понятие цели, выделив цели естественных систем (объективные цели).

Объективная цель - это идеальный образ будущего состояния системы и окружающей среды, т.е. образ того что должно бы осуществиться. Представим себе, что прошел срок, который был отведен для реализации объективной цели. Система и окружающая ее среда оказалась в некотором реализовавшемся состоянии. В это состояние система пришла объективно, т.е. в результате реализации объективных закономерностей. Это состояние можно назвать объективной целью по отношению к прошлому моменту, когда результат еще только планировался. Другими словами: будущее реальное состояние системы - это есть объективная цель.

Классификация систем по их происхождению. Системы делятся на искусственные (орудия, механизмы, машины, автоматы, роботы и т.д.), естественные (активные, пассивные, живые, неживые, экологические, социальные), смешанные (эргономические, биотехнические, организационные, автоматизированные). В качестве примеров смешанных систем можно привести эргономические системы (комплексы машина - человек-оператор), биотехнические (системы, в которые входят живые организмы и технические устройства), организационные системы (состоящие из людских коллективов, которые оснащены необходимыми средствами) и др.

Классификация систем по наличию взаимосвязи с окружающей средой. По указанному признаку системы делятся на **открытые** (существует связь с внешней средой) и **замкнутые** (отсутствуют связи с внешней средой).

Классификация систем по типу переменных. Выделяют системы с качественными переменными (с содержательным описанием переменных, формализованным описанием, смешанным описанием), с количественными переменными (дискретные, непрерывные, смешанные), со смешанным описанием переменных.

Классификация систем по способам управления. Различают: системы, управляемые извне (без обратной связи, регулируемые, управляемые по параметрам, управляемые по структуре), самоуправляемые (с программным управлением, с автоматическим управлением, с пара-

метрической адаптацией, с самоорганизацией), с комбинированным управлением (автоматические, полуавтоматические, автоматизированные, организационные).

Большие и сложные системы. Достаточно часто термины «большая система» и «сложная система» используются как синонимы. В то же время существует точка зрения, что большие и сложные системы — это разные классы систем. При этом некоторые авторы связывают понятие «большая» с величиной системы, количеством элементов (часто относительно однородных), а понятие «сложная» — со сложностью отношений, алгоритмов или сложностью поведения. Существуют более убедительные обоснования различия понятий «большая система» и «сложная система».

Существует классификация систем по степени обеспеченности управления различными ресурсами.

Деление систем на большие и малые связано с материальными ресурсами, затрачиваемыми на управление. В случае моделирования на ЭВМ это, например, объем памяти. Этих материальных ресурсов может быть недостаточно.

Определение: Системы, моделирование которых затруднено вследствие их размерности, называются большими системами.

При недостаточной обеспеченности материальными ресурсами системы считаются большими, при достаточной обеспеченности — малыми.

Есть два способа перевода больших систем в разряд малых:

- 1) разрабатывать более мощные вычислительные средства;
- 2) осуществлять декомпозицию многомерной задачи на совокупность связанных задач меньшей размерности (если природа системы это позволяет).

Понятие «большая система» стало употребляться после появления книги Р.Х. Гуда и Р.З. Макола. Этот термин широко использовался в период становления системных исследований для того, чтобы подчеркнуть принципиальные особенности объектов и проблем, требующих применения системного подхода.

В качестве признаков большой системы предлагалось использовать различные понятия:

- понятие иерархической структуры, что, естественно, сужало класс структур, с помощью которых может отображаться система;
- понятие «человеко-машинная» система (но тогда выпадали полностью автоматические комплексы);
- наличие больших потоков информации;
- или большого числа алгоритмов ее переработки.

У.Р. Эшби считал, что система является большой с точки зрения наблюдателя, возможности которого она превосходит в каком-то аспекте, важном для достижения цели. При этом физические размеры объекта не являются критерием отнесения объекта к классу больших систем. Один и тот же материальный объект в зависимости от цели наблюдателя и средств, имеющихся в его распоряжении, можно отображать или не отображать большой системой.

Ю.И. Черняк также в явном виде связывает понятие большой системы с понятием «наблюдатель»: для изучения большой системы, в отличие от сложной, необходим «наблюдатель» (имеется в виду не число людей, принимающих участие в исследовании или проектировании системы, а относительная однородность их квалификации: например, инженер или экономист). Он подчеркивает, что в случае большой системы объект может быть описан как бы на одном языке, т. е. с помощью единого метода моделирования, хотя и по частям, подсистемам. Еще Ю.И. Черняк предлагает называть большой системой «такую, которую невозможно исследовать иначе, как по подсистемам».

Информационные ресурсы дают основание для деления систем на простые и сложные.

Определение: Сложными системами называются такие системы, в модели которых не хватает информации для эффективного управления.

При недостаточной обеспеченности информационными ресурсами системы считаются сложными, при достаточной обеспеченности — простыми.

Имеется два способа перевода систем из разряда сложных в разряд простых:

- 1) выявить конкретную причину сложности, получить недостающую информацию и включить ее в модель;
- 2) сменить цель. Второй способ в технических системах зачастую бывает неэффективен, но в отношении между людьми он часто является единственным выходом.

Существует ряд подходов к разделению систем по сложности, и, к сожалению, нет единого определения этому понятию, нет и четкой границы, отделяющей простые системы от сложных. Разными авторами предлагались различные классификации сложных систем.

Например, признаком простой системы считают сравнительно небольшой объем информации, требуемый для ее успешного управления. Системы, в которых не хватает информации для эффективного управления, считают сложными.

Г.Н. Поваров оценивает сложность систем в зависимости от числа элементов, входящих в систему:

- малые системы ($10-10^3$ элементов);
- сложные (10^4-10^6);
- ультрасложные (10^7-10^{30} элементов);
- суперсистемы ($10^{30}-10^{200}$ элементов).

В частности, Ю.И. Черняк сложной называет систему, которая строится для решения многоцелевой, многоаспектной задачи и отражает объект с разных сторон в нескольких моделях. Каждая из моделей имеет свой язык, а для согласования этих моделей нужен особый метаязык. При этом подчеркивалось наличие у такой системы сложной, составной цели или даже разных целей и притом одновременно многих структур (например, технологической, административной, коммуникационной, функциональной и т. д.).

Несомненно, что эти деления довольно условны и между ними трудно провести границу. (Здесь сразу вспоминается вопрос: с какого количества камней начинается куча?)

Позднее Ст. Вир предложил относить к простым системам те, которые имеют до 10^3 состояний, к сложным - от 10^3 до 10^6 состояний и к очень сложным - системы, имеющие свыше миллиона состояний.

Разделение систем на простые и сложные является условным. Мы будем относить к разряду **сложных систем** те, для которых характерны следующие признаки:

- наличие большого количества взаимодействующих между собой элементов;
- возможность разбиения системы на подсистемы;
- сложность функционирования системы;
- наличие управления (обработки потоков информации);
- наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных факторов.

Системы многообразны. Для понимания их видов системы разделяют на классы по различным признакам. В зависимости от решаемой задачи можно выбрать тот или иной принцип классификации. Следует отметить, что эти классификации не исчерпывают всего разнообразия систем. В качестве примера рассмотрим классификацию, приведенную в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Классификации систем

Классификационный признак	Классы систем
Вид отображаемого объекта	Технические Биологические Экономические Социальные и т.п.
Вид научного направления, используемо-	Математические

го для моделирования	Физические Химические и др.
Наличие в объективной реальности	Абстрактные Материальные
Сила связи со средой	Открытые Закрытые Условно закрытые
Сложность	Простые Сложные Сверхсложные
Природа образования	Естественные Искусственные Смешанные
Развитие	Живые Неживые
Степень организованности	Плохо организованные Хорошо организованные Самоорганизующиеся
Предсказуемость	Детерминированные Стохастические
Чувствительность к внешним и внутренним воздействиям	Жесткие Мягкие
Реакция на возмущающие воздействия	Активные Пассивные
Способ управления	С внешним управлением Самоуправляемые С комбинированным управлением
Изменение системы (функционирования) в пространстве и времени	Статические Динамические
Цель	Целенаправленные Нецеленаправленные
Степень однородности элементов	Гомогенные Гетерогенные

Классификации всегда относительны.

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

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

План практического занятия

1. Различные варианты классификаций систем.
2. Контрольный пример классификации.
3. Индивидуальное задание.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольный пример

Техническая система – легковой автомобиль. Классификация системы по признакам приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Пример классификации технической системы

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

Описание системы: автомобиль – это техническая (механическая), целостная система, состоящая из различных подсистем: охлаждения, подачи топлива и т.д. Подчинена основной цели – передвижение в пространстве. Благодаря связи между элементами, подсистемами и их согласованной работе автомобиль способен двигаться. Обладает свойством эмерджентности – в случае поломки даже при наличии всех частей не может выполнять основную функцию.

Это система с высокой степенью автоматизации. Связана с окружающей средой, с нерегулярным поступлением внешних воздействий (топлива, начала/окончания работы, возможности передвижения и т.д.). Обладает многоаспектностью – несет в себе технический аспект, экономический (стоимость), социальный (статус), психологический (преимущества и возможности при обладании машиной).

Полезность системы для человека – возможность комфортного, быстрого перемещения для решения собственных задач.

Индивидуальное задание

Проведите классификацию систем из таблицы 4.3, результат занести в таблицу 4.4.

Таблица 4.3 – Примеры систем

1. Автомобиль	34. Кофемолка	67. Самолет
2. Ателье	35. Кухня	68. Санаторий
3. АТС	36. Лекция	69. Сбербанк
4. Аэропорт	37. Люстра	70. Светофор
5. Аэрофлот	38. Магазин	71. Склад
6. Бензоколонка	39. Магнитофон	72. Собрание
7. Библиотека	40. Мэрия	73. Спутник
8. Больница	41. Метро	74. Стадион
9. Велосипед	42. Микрофон	75. Столовая
10. Вентилятор	43. Министерство	76. Стройка
11. Вернисаж	44. Мозг	77. Суд
12. ВУЗ	45. Музей	78. Счеты
13. Газета	46. Мясорубка	79. Такси
14. Город	47. Общежитие	80. Телевизор
15. Городской транспорт	48. Общество	81. Типография
16. Гостиница	49. Общество потребителей	82. Трактор
17. Грузовик	50. Огнетушитель	83. Транспорт
18. ГЭС	51. Оранжерея	84. Трамвай
19. Деканат	52. Оркестр	85. Тюрьма
20. Дерево	53. ОТК	86. Телефон
21. Детский сад	54. Отрасль	87. Учебник
22. Доклад	55. Очки	88. Факультет
23. Завод	56. Парикмахерская	89. Фотоателье

Продолжение таблицы 4.3

24. Замок	57. Пианино	90. Фотоаппарат
25. Звонок	58. Планирование	91. Химчистка
26. Зоопарк	59. Профсоюз	92. Хозрасчет
27. Каталог	60. Птицеферма	93. Хор
28. Качели	61. Промышленность	94. Цех
29. Кинотеатр	62. Регион	95. Циркуль
30. Книга	63. Ректорат	96. Часы
31. Концерт	64. Республика	97. Чемпионат
32. Компьютер	65. Робот	98. Швейная машина
33. Кооператив	66. Рынок	99. Школа
		100. Экономика

Таблица 4.4 - Наименование объекта классификации

№пп	Признак классификации	Тип объекта по признаку	Обоснование принадлежности
1			
2			

3			
4			
5			

Провести описание заданных систем из таблицы 4, приводя полные ответы на следующие пункты:

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

Вопросы

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

5. СИСТЕМНЫЕ ЗАКОНЫ И ПРИНЦИПЫ

Содержание темы

Понятия «зависимость», «закон», «закономерность». Закон синергии. Закон самосохранения. Закон развития. Закон информированности-упорядоченности. Закон композиции и пропорциональности (закон гармонии). Закон единства анализа и синтеза. Законы онтогенеза и филогенеза. Закон относительных сопротивлений (закон наименьших). Общие законы теории систем. Частные законы теории систем. Закономерности функционирования систем. Системные закономерности и принципы.

Основные понятия темы

Зависимость - это характер связи между входными и выходными элементами входа и выхода, поддающийся осмыслению. В социальных процессах зависимости чаще всего улавливаются опытным путем за счет наблюдений и статистики. Зависимости, законы и закономерности пронизывают весь ход любого процесса, происходящего в компании. Зависимости являются основой для формулирования нового закона. На основании закона могут быть сформированы закономерности. Сами законы и закономерности могут способствовать формированию новых зависимостей.

Наука выявляет связи, зависимости между явлениями и процессами, которые характеризуются как закономерности, формулируются как законы и учитываются и применяются как принципы.

Зависимость — это отношение одного явления к другому как отношение следствия к причине, это определенный характер связи между элементами входа и выхода системы, поддающийся осмыслению.

Закон – прочная, устойчивая и постоянно повторяющаяся связь между явлениями и процессами.

Закон как объективная, существенная, устойчивая связь явлений или процессов представляет собой основу разработки и построения любой научно обоснованной и общепризнанной теории.

Таким образом, выявление и определение важнейших связей в соответствующей области знаний и формулирование законов обеспечивает создание теории.

Закономерность – отражение логики и последовательности в явлениях, которые относятся к определенному месту и времени.

Принцип (лат. principium – основа, начала) – основная идея, выступает оптимальным правилом, нормой, сформулированной людьми, но носящей объективный характер.

Принципы и законы отражают один и тот же аспект действительности, но в разной форме: закон в виде положительного знания, а принцип в виде нормативного – регулятивной нормы (определенного требования). Зависимость — основа закона. В основе закономерности лежат количественные и качественные зависимости между ними.

Таким образом, прослеживается явная взаимосвязь между зависимостью как причинно-следственным отношением одного явления к другому, закономерностью как объективно существующими устойчивыми связями между явлениями, их причинами и следствиями, и законами, отражающими общие, устойчивые, повторяющиеся отношения между явлениями.

В общей теории систем одна и та же причинно-следственная связь разными исследователями может именоваться законом, закономерностью, принципом. Это не столь существенно, поскольку в любом случае они имеют объективную природу.

«Первым системным законом» называют **закон синергии**.

Синергия (от греческого synergia – сотрудничество, содействие) означает совместное и однородное функционирование элементов системы. Закон синергии прочно и устойчиво отражает связь между элементами, выражающуюся в том, что система как комплекс больше суммы составляющих элементов. Другими словами, сумма свойств целого превышает арифметическую сумму свойств каждого из элементов в отдельности. Закон синергии можно рассматривать в определенном смысле как проявление свойства эмерджентности.

ФОРМУЛИРОВКА ЗАКОНА: Совокупность элементов организована, если ее потенциал больше суммы потенциалов входящих (включенных) в нее элементов по отдельности.

2-я формулировка: для любой организации существует такой набор элементов, при котором ее потенциал всегда будет либо существенно больше простой суммы потенциалов входящих в нее элементов, либо существенно меньше.

Следует отметить, что по всем системным законам отсутствует единство формулировок. Это связано главным образом с многообразием систем и соответственно с тем, что исследователи преломляют причинно-следственные связи к своим объектам и процессам.

Закон синергии часто называют основополагающим законом системы. Действие других законов, в конечном счете, направлено на достижение более высоких значений синергетического эффекта.

Закон самосохранения.

ФОРМУЛИРОВКА ЗАКОНА: Срок жизни системы ограничен временем в течение которого она располагает энергией для воспроизводства и замещения выбывающих (разрушающихся) элементов и для поддержания связи между всеми образующими ее элементами (старыми и новыми).

2-я формулировка: каждая материальная система (организация) стремится сохранить себя (выжить) и использует для достижения этого весь свой потенциал (ресурс).

К закону самосохранения можно указать следующие **пояснения:**

1. Внутри любой системы ее элементы удерживаются, сохраняя целостность системы, благодаря энергии связей.

2. Каждая организация, если она хочет сохраниться как целостное образование, должна минимизировать свои усилия, затраты на получение единицы продукта своего функционирования.

3. Сбереженная при минимизации энергия идет: а) на удержание образующих систему элементов; б) на замену пришедших в негодность единиц; в) на приобретение извне новых элементов и на модификацию структуры.

4. Стремление системы к выживаемости в условиях меняющейся среды побуждает накапливать энергию всеми доступными ей средствами.

Таким образом, согласно закону самосохранения каждая реальная физическая (материальная) система стремится сохранить и, следовательно, экономнее расходовать свой ресурс.

Принципы, вытекающие из закона самосохранения:

1. Принцип устойчивости.
2. Принцип равновесия.
3. Выживание через кризис.

Закон развития.

Развитие — переход системы из одного состояния в другое необратимое и направленное изменение.

Формы развития:

Эволюционное развитие, означает непрерывные количественные и качественные постепенные изменения. Характеризуется совпадением изменений в технико-технологических и социальных составляющих структуры.

Революционное развитие, предполагает скачкообразные изменения, преимущественно не совпадающие по составляющим структуры.

Направления развития:

Прогрессивное развитие характеризуется переходами от низшего к высшему, от простого к сложному, к более совершенному, качественному, к более высокому потенциалу.

Регрессивное развитие (деградация) – обратное движение, переход от высшего к низшему, характеризуется возвратом к изжившим себя, ранее пройденным структурам, ухудшением отношений, снижением потенциала. Прогресс и регресс тесно связаны между собой и составляют диалектическое единство. Без регресса нет прогресса, а без регресса нет прогресса. Прогресс и регресс – это составные части процесса достижения гармонии.

ФОРМУЛИРОВКА ЗАКОНА: *Организационный потенциал (характеристика возможности получения синергетического эффекта) и организованность (степень использования организационного потенциала) есть функция времени, значение которой неодинаково на разных периодах жизни организации.*

2-я формулировка: *каждая материальная система стремится достичь наибольшего суммарного потенциала при прохождении всех этапов жизненного цикла.*

Можно выделить следующие пояснения к рассматриваемому закону:

1. Закон развития предопределяет, что каждая система проходит в своем развитии нижеуказанные фазы жизненного цикла; становление (юность), расцвет (зрелость), угасание (старость).

2. Законом развития направляется изменчивость структур в процессе развития систем. В частности, определяется то, когда и какие элементы надо изъять, вывести из системы или же добавить, дополнительно включить в нее.

3. В процессе развития социально-экономических систем происходит также совершенствование структур управления через реализацию нововведений.

4. Так как любое новшество устаревает, то структура управления не может быть раз и навсегда установленной. Реорганизация структуры организации (в том числе и структуры управления) должна осуществляться не реже, чем через 2-5 лет.

Закон развития предполагает действие ряда принципов: принципа инерции (запаздывания), принципа эластичности, принципа непрерывности и принципа стабилизации.

Принцип инерции (или запаздывания) состоит в том, что изменение потенциала системы R_j начинается спустя некоторое время T_z после начала воздействий изменений во внешней или внутренней среде и продолжается некоторое время (T_n) после их окончания.

Принцип эластичности состоит в том, что скорость (C_n) изменения потенциала системы R_j , зависит от самого потенциала R_j .

Принцип непрерывности состоит в том, что процесс изменения потенциала системы R_j идет непрерывно, меняются лишь скорость и знак изменения.

Принцип стабилизации состоит в том, что система стремится к стабилизации диапазона изменения потенциала системы R_j .

Закон единства анализа и синтеза. Суть анализа (декомпозиции) состоит в разделении целого на части, в представлении сложного в виде простых составляющих. Суть синтеза (агрегирования) — в соединении (мысленном или реальном) простых составляющих объекта в единое целое.

В целом люди различаются по доминированию аналитического или синтетического склада мышления.

Аналитичность находит отражение в существовании различных наук, в продолжающейся дифференциации (разделении) наук, во все более глубоком изучении все более узких вопросов.

Синтетичность мышления приводит к развитию обобщенных наук о природе, человеке, космосе (например, кибернетика, теория функционирования мозга, космогония); а также к созданию пограничных наук типа бионики, биофизики, персономики, политологии и др.

Анализ и синтез в человеческом мышлении сильно переплетаются и не могут существовать друг без друга, поэтому, говоря о единстве анализа и синтеза, мы подразумеваем их неразрывность и взаимодействие в процессе любой мыслительной деятельности.

ФОРМУЛИРОВКА ЗАКОНА: Если сложную систему разложить на составные части, то могут быть получены исходные элементы для образования **новых систем**; всякая вновь образуемая система есть комбинация элементов, входивших или входящих в другие системы.

2-я формулировка: каждая материальная система: живой организм, социальная организация стремится настроиться на наиболее экономный режим функционирования в результате постоянного изменения своей структуры или функций. Эти изменения идут в следующем цикле: разделение, преобразование, объединение, преобразование. Скорость и результат преобразования зависят от диапазона изменения внешней или внутренней среды.

При изучении данного закона студент должен понять следующее:

1. Системы не возникают из ничего. Они возникают за счет изменения организации имеющегося материала среды, его перераспределения, обособления и группировки в качественно иные образования.

2. Этим законом управляется во времени смена тенденций дифференциации-интеграции, рассматриваемых как единство и борьба противоположностей.

3. В практической деятельности рассматриваемый закон влияет на последовательность операций разъединения и соединения в цепочке причинно-следственных связей. В виду накопления знаний происходит смена представлений об известных естественных и искусственных системах, что ведет к появлению их новых типов и росту разнообразия в целом.

Таким образом, закон единства анализа и синтеза проявляется всякий раз тогда, когда решается вопрос о том, что и от чего следует отсоединить и что к чему присоединить. Другими словами, здесь проявляются процессы разделения, специализации, дифференциации, с одной стороны, и противоположные процессы - соединения, универсализации, интеграции, с другой.

Закон информированности-упорядоченности.

ФОРМУЛИРОВКА ЗАКОНА: Степень организованности может быть выше тогда, когда имеется новая (дополнительная) информация (неизвестная при изначальной организации) и когда эта информация использована.

Более коротко: Степень организованности лимитирована степенью информированности.

2-я формулировка: чем большей информацией располагает организация о внутренней и внешней среде, тем она имеет большую вероятность устойчивого функционирования (самосохранения).

Закон информированности - упорядоченности означает, что в системе не может быть больше порядка, чем информации.

Студент должен уяснить, что:

1. Этим законом предопределяется необходимость перед сведением, а систему знания характеристик элементов и особенностей их поведения.

2. При системообразовании в начале надо выделить в качестве исходного материала элементы внешней среды, надсистемы, а для этого необходимо их различать, сопоставлять, сортировать, ранжируя по степени актуальности присущих им свойств.

3. Если перечень признаков для различения и классификации этих элементов окажется неполным, то этим заранее отсекаются от рассмотрения, а значит и исключаются из анализа и проектирования принципиально возможные варианты структурных решений.

Следствия из закона информированности-упорядоченности для социальных систем:

1. Достижение максимального значения всех характеристик информации приводит к дезинформации.

2. Информированность работника после достижения ее верхнего критического уровня переходит в компетентность работника.

Закон композиции.

ФОРМУЛИРОВКА ЗАКОНА: Совокупность элементов организована, если включены только необходимые, и притом все необходимые элементы.

Закон композиции выражает требование: цель деятельности подсистемы одновременно является одной из подцелей деятельности системы.

Пояснения к закону:

1. Законом композиции диктуется целесообразность таких построений в системе, при которых достигается и поддерживается со подчинённость её частей, обеспечивающая реализацию общесистемных целей. Это требуется в двух случаях: а) при изменении целей вышестоящим органом; б) при самостоятельном целеполагании в случае изменившейся ситуации.

2. Если законом единства анализа предопределяется необходимость интеграции, то законом композиции обеспечивается реальность соответствующего формирования.

3. Невыполнение требований закона не позволяет:

- увязать цели разных звеньев и уровней в процессе образования организации;
- согласовать оценочные критерии результативности усилий по их достижению.

Указанное:

- а) порождает противоестественные, нежизнеспособные формирования;
- б) вызывает противоречие интересов в процессе функционирования подразделений этих формирований;
- в) ведёт к расшатыванию системы изнутри, к её распаду.

Закон пропорциональности.

ФОРМУЛИРОВКА ЗАКОНА: Совокупность элементов организована, если между каждым и каждым из входящих в неё видов элементов, самими элементами и между характеристиками элементов существуют (установлены) определённые количественные соотношения.

Другими словами, закон пропорциональности означает необходимость определённого соотношения между частями целого.

При изучении этого закона студент должен уяснить:

1. Законом пропорциональности определяется такая соразмерность частей, объединяемых в целом, при которой достигается синергетический эффект.

2. Требованием закона является приведение в соответствие одной части при изменении размера или иной характеристики другой, сопряжённой части. Для производственных организаций это означает необходимость взаимосвязанного решения вопросов структуры производства и управленческих структур, поскольку изменения в одной из них влияют на остальные.

3. Изменение условий внешней среды может требовать изменение внутренней пропорциональности организации, так как необходимо поддерживать сложившееся равновесие между организацией и ее окружением.

4. В гибких адаптивных структурах пропорциональность регулируется на основе обратных связей, благодаря чему в них всегда оказываются элементы, обеспечивающие гармоничное взаимодействие системы и среды.

5. Отсутствие нужных элементов или диспропорции в строении при бездействии компенсаторного механизма функциональной избыточности оборачивается дисфункцией.

В социально-экономических системах это:

а) блокирует своевременное выявление проблем,

б) надолго затягивает решение актуальных задач.

В конечном счёте указанное приводит как к прямым экономическим потерям, так и к упущенной выгоде.

Формулировка единого закона композиции и пропорциональности: *каждая материальная система стремится сохранить в своей структуре все необходимые элементы (композицию), находящиеся в заданной соотносительности или заданном подчинении (пропорции).*

Слово «гармония» (от греч. «harmonia») означает стройность, соразмерность. Гармония может создаваться естественным и искусственным путем.

Как естественный эволюционный процесс гармонизация происходит на всех уровнях мироздания: планет, государств, отраслей, организацией, семей и даже одного человека (в гармонии с самим собой). Основная задача разумного человека состоит в том, чтобы не препятствовать этому процессу. Торможение приводит к накоплению несбалансированности элементов. Эта несбалансированность после достижения критической точки вызывает естественный, революционный процесс гармонизации, предсказать результаты которого практически невозможно. Таким образом, равномерные изменения определяют гармоническое состояние системы. Точки пересечения различных гармонических изменений состояния определяются как катастрофические.

Закон гармонии (композиции-пропорциональности) отражает необходимость определённого соотношения между частями целого, их соразмерность и соответствие.

Закон онтогенеза введен в биологию Э. Геккелем (1834-1919 гг.) в 1866 г., который рассматривал историческую изменчивость всегда повторяющегося цикла жизнедеятельности биологических систем и борьбы различных видов животного вида за выживание. Распространение онтогенеза на социальные организации привело к появлению термина «ароморфоз».

Ароморфозом называется такой путь эволюции, при котором приспособленность организмов к условиям среды достигается и расширяется путем резкого повышения уровня их организации. Это путь морфофизиологического прогресса, ведущий к возникновению организмов, все более сложных и менее зависимых от условий внешней среды.

Закономерность онтогенеза выявлена в биологических и социальных системах. Отсюда появление концепций жизненного цикла предприятия, жизненного цикла товара, жизненного цикла проекта и т.п.

Филогенез как наука опирается на ряд законов. К их числу относятся: Закон расхождения видов или дивергенции: число видов в условиях жесткой конкуренции в силу возрастания их конкурентоспособности по сравнению с прежними постоянно увеличивается.

Новая организационная форма по своему уровню должны превосходить прежнюю.

Закон **внутренней корреляции развития разных элементов** (органов): целостность и жизнь системы (организма) сохраняются только благодаря взаимосвязанному и корреляционному изменению других связанных с первым, его физиологических и морфологических элементов.

Закон **необратимости эволюционного процесса**: изменяясь в процессе эволюции, элементы никогда не возвращаются в прежнее состояние, исчезнувшие элементы не появляются вновь. Если появляется необходимость в прежнем элементе, то его функцию выполняет другой действующий элемент.

Закон **дифференциации и интеграции**: эволюция всегда сопровождается дифференциацией частей, что приводит к усложнению системы и сопровождается подчинением частей целому. Одновременно с морфологическим расчленением целого происходит противоположный процесс – формирование гармоничного целого (интеграция).

Закон **рекапуляции**: имеет место определенное соответствие между стадиями онтогенетического развития отдельного живого организма (отдельной особи) и стадиями развития всей популяции.

С позиций онтогенеза филогенез отражается в относительном увеличении времени этапа активной жизни системы и в более высоком уровне выполнения системой своих функций.

Законы онтогенеза и филогенеза объясняют содержание основных этапов жизни системы, раскрывают основные причины и пути совершенствования элементов и функций в общественной структуре. Так, филогенез помогает более глубоко понять развитие системы. Развитие есть приобретение системой новых, неизвестных ранее качественных свойств, отличающих ее от других систем, выполняющих аналогичные функции.

Закон относительных сопротивлений (закон наименьших). Закон относительных сопротивлений, или закон наименьших, открывался и формулировался независимо в разных сферах.

Название «закон наименьших» ввел в научный оборот А.А. Богданов. Формулировка закона относительных сопротивлений: общая устойчивость системы как целого определяется наименьшей относительной устойчивостью составляющих его компонентов по отношению к данному внешнему воздействию. «Устойчивость целого зависит от наименьших относительных сопротивлений всех его частей во всякий момент».

Закон **целесолагания** состоит в том, что выбор цели и варианта применения системы должен осуществляться на основе объективных законов движения (изменения) и специфических законов функционирования управляемого объекта. В противном случае цели и вариант применения системы будут выбраны нереальными, а управление — малоэффективно, хаотично.

Законы **развития** управляемого объекта теоретически уменьшают его возможное разнообразие. Они указывают, что движение (изменение) объекта управления протекает не хаотически и не в любых направлениях, а по определенным правилам. Управление этим объектом должно еще более ограничить его многообразие, а не вступать в противоречие с законами его развития. Отсюда следует, что управление базируется на знании специфических законов (развития) конкретного объекта, и только в этом случае может быть достигнуто качественное управление.

Закон **разнообразия** состоит в том, что разнообразие воздействия управляющего органа должно быть не менее чем разнообразие управляемого объекта. Этот закон иногда формулируют так: «Только разнообразие может сократить разнообразие». Он говорит о том, что управляющий орган должен быть готов изменить любое из возможных, но нежелательных изменений управляемого объекта. Разнообразие управляющих вариантов применения системы от управляющего органа не может быть меньше разнообразия возможных изменений управляемого объекта, иначе будет нарушено ее управление. Нарушение этого закона, например, видно тогда, когда руководители, оправдываясь, говорят: «Этого мы не знали», «Это мы не предусмотрели», «Этого никто не ожидал», «Это случайно» и т. д.

Повышение разнообразия управляющего органа — важнейший путь повышения качества управления. Тот, кто обладает большими знаниями и опытом, может управлять в любой ситуации, управлять качественно и эффективно, потому что он обладает большим разнообразием в управлении.

Закон **движения** (изменения) предполагает наличие в ходе управления изменений состояния органов и объектов, а также процессов, происходящих в системе. Без возможных изменений в системе, связанных с ходом достижения цели, управления быть не может.

Закон **противодействия** учитывает проявление «инерции», плохих привычек и плохих традиций, наличие внутренних противоречий в самом органе управления как субъективного, так и объективного характера; влияние вредных вариантов применения системы на систему извне.

Закон **накопления** опыта управления управляемым объектом есть отражение того объективного факта, что если управляемый объект испытывает несколько раз определенную последовательность управляющих вариантов применения системы, то затем он приходит в заданное состояние при осуществлении этой последовательности управляющих вариантов применения системы независимо от своего начального состояния, т. е. управляемый объект как бы накапливает некоторый опыт. Иначе говоря, повторяющиеся последовательности управляющих вариантов применения системы имеют тенденцию уменьшать начальное разнообразие управляемого объекта во все увеличивающейся степени. Управляемый объект становится все более управляемым. На действии этого закона управления базируются тренировки в выработке навыков.

Закон **разделения функций (труда)** - выделение из общего производства особого вида деятельности - управленческого труда в интересах достижения более высокого результата в производительности труда, а также определение в самом управленческом труде его разновидностей по содержанию, объему и технологии на различных уровнях системы управления.

Закон **интеграции** обуславливает использование различных (частных и общих) структур линейных, функциональных, линейно-штатных, матричных и других, обеспечивающих оперативность и эффективность управления.

Закон **гармонии** (органа управления с объектом и внутри системы управления). На основе этого закона определяются органы управления, устанавливаются единство системы управления на всех уровнях, оптимальное соотношение и пропорциональность частей системы, степень централизации и децентрализации управления, согласование функций на всех уровнях и др.

Закон **гомеостазиса** (равного состояния) – поддержание постоянства основных переменных системы для обеспечения оптимального режима ее функционирования.

Стремление системы удержать существенные переменные в необходимых пределах связано с процессами саморегулирования и адаптации, которые направлены на ликвидацию последствий возмущения в тех или иных подсистемах. В технике принцип гомеостазиса используется для построения оптимальных систем автоматического управления.

Закон необходимого разнообразия. Закономерность, известную под этим названием, впервые сформулировал У. Р. Эшби. Он доказал теорему, на основе которой можно сделать вывод, что для того чтобы создать систему, способную справиться с решением проблемы, обладающей определенным, известным **разнообразием**, нужно, чтобы система имела еще большее разнообразие, чем разнообразие решаемой проблемы, или была способна создать в себе это разнообразие. Этот закон достаточно широко применяется на практике. Он позволяет, например, получить рекомендации по совершенствованию системы управления предприятием.

Закон осуществимости и потенциальной эффективности. Развивая идею о потенциальной осуществимости системы, Флейшман связывает сложность структуры системы со сложностью поведения, предлагает количественные выражения.

Анализ предельных законов надежности, помехоустойчивости, управляемости и других качеств системы показывает, что на их основе можно получить количественные оценки порогов осуществимости.

Помимо общих и частных законов имеются и закономерности функционирования систем, к которым относятся:

- единство подсистем управления на всех ступенях управляемой системы;
- оптимальность соотношения (пропорциональности) частей системы;
- оптимальное соотношение централизации и децентрализации управления;
- целесообразное распределение прав между органами управления на различных уровнях;
- поддержание непрерывности и ритмичности функционирования;
- сокращение числа ступеней управления;
- возрастание или убывание масштаба функций управления на различных ступенях управления;
- концентрация функций управления на каждой ступени.

В **развитии систем** можно выделить следующие закономерности:

1. Постоянное улучшение всех процессов экономической системы является одним из принципов повышения эффективности деятельности организации.

2. Изменения во времени среды существования системы может привести к ее росту или спаду.

Система существует во внешней, внутренней средах и во времени. Время воздействует как на внутреннюю, так и на внешнюю среды, что приводит к изменениям в них. Изменения сред может влиять на систему в сторону ее развития или упадка.

3. Развитие систем происходит циклически.

В теории систем цикл развития включает три этапа: медленный рост, связанный с накоплением потенциала для развития (обучение персонала, научно-исследовательская работа, получение ноу-хау для процессов, увеличение финансового капитала); бурный рост, связанный с реализацией накопленного потенциала системы; замедление темпов роста, связанное с полностью реализованным потенциалом и накоплением нового потенциала для развития и повторение цикла развития.

План практического занятия

1. Понятия «зависимость», «закон», «закономерность».
2. Общие законы теории систем.
3. Частные законы теории систем.

4. Закономерности функционирования систем.
 5. Системные закономерности и принципы.

Задание. Дайте определение следующим системным законам и принципам. Заполните таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Системные законы и принципы

Закон синергии	
Закон самосохранения	
Принцип устойчивости	
Принцип равновесия	
Выживание через кризис	
Гомеостаз	
Закон развития	
Эволюционное развитие	
Революционное развитие	
Прогрессивное развитие	
Регрессивное развитие	
Принцип инерции	
Принцип самозависимости	
Принцип эластичности	
Принцип непрерывности	
Принцип стабилизации	
Закон информированности-упорядоченности	
Достоверность информации	
Ценность информации	
Насыщенность информации	
Открытость информации	
Объем информации	
Энтропия	
Диссипативные системы	
Принцип Питера	
Принцип компенсации энтропии	
Закон композиции и пропорциональности (закон гармонии)	
Гармоничность	
Закон единства анализа и синтеза	
Анализ	
Синтез	
Декомпозиция	
Продолжение таблицы 5.1	
Агрегирование	
Принцип независимости	
Принцип полноты отображения	
Принцип слабого влияния	
Закон онтогенеза	

Ароморфоз	
Филогенез	
Закон дивергенции	
Закон внутренней корреляции развития разных элементов	
Закон необратимости эволюционного процесса	
Закон дифференциации и интеграции	
Закон рекапуляции	
Закон относительных сопротивлений (закон наименьших)	
Принцип концентрированного действия	
Принцип наименьших	
Закономерность энтропийного динамического равновесия или роста и снижения энтропии в открытых системах	
Закон необходимого разнообразия (закон Эшби)	
Закономерность потенциальной эффективности	
Фоновая закономерность (фоновый принцип)	
Принцип обратной связи	
Принцип цепной связи	
Принцип ингрессии	
Принцип подбора (отбора)	
Принцип соответствия	
Принцип декомпозиции	
Принцип ресконсивности системы	
Принцип актуализации функций	
Принцип лабилизации (подвижности) функций	
Принцип нейтрализации функций	
Принцип комплементарности	
Закон целеполагания	
Закон разнообразия	
Закон движения	
Закон противодействия	
Закон накопления опыта управления управляемым объектом	
Продолжение таблицы 5.1	
Закон разделения функций (труда)	
Закон интеграции	
Закон гомеостазиса (равного состояния)	
Закон осуществимости и потенциальной эффективности.	

Закономерность цикличности развития систем	
Принцип детерминизма	
Принцип единства законов	
Принцип прямооточности	
Принцип ритмичности	
Принцип пропорциональности	
Принцип синхронизации	

Вопросы

1. Что понимается под системным законом?
2. Чем закон отличается от принципа?
3. Почему закон синергии называют первым системным законом?
4. Дайте формулировку закона развития и назовите типы развития.
5. Сущность закона самосохранения.
6. Каковы проявления закона композиции-пропорциональности в различных сферах жизни и в различных системах?
7. Почему закон информированности-упорядоченности следует считать общесистемным законом?
8. Почему анализ и синтез находятся в единстве?
9. Охарактеризуйте закон относительной структурной устойчивости системы.
10. В чем суть принципа Ле Шателье?
11. Охарактеризуйте основные системные закономерности.
12. Охарактеризуйте закономерность потенциальной эффективности системы.
13. Охарактеризуйте закономерность осуществимости системы.
14. Отличие принципа обратной связи от принципа цепной связи.

6. СТРУКТУРЫ СИСТЕМ

Содержание темы

Понятие структуры системы. Типы структур. Иерархическая структура. Страты, слои, эшелоны. Матричные структуры. Пространственные структуры. Структуры с сильными и слабыми связями. Модель «черного ящика».

Основные понятия темы

Структура системы – совокупность элементов системы и связей между ними в виде множества. *Структура системы* означает строение, расположение, порядок и отражает определенные взаимосвязи, взаимоположение составных частей системы, т.е. ее устройства и не учитывает множества свойств (состояний) ее элементов.

Система может быть представлена простым перечислением элементов, однако чаще всего при исследовании объекта такого представления недостаточно, т.к. требуется выяснить, что представляет собой объект и что обеспечивает выполнение поставленных целей.

Одна и та же система может быть представлена разными структурами в зависимости от стадии познания объектов, от аспектов рассмотрения, от целей создания. В ходе проектирования структура может изменяться.

Типы структур

Рассмотрим ряд типовых структур систем, использующихся при описании организационно-экономических, производственных и технических объектов. Обычно понятие «структура» связывают с графическим отображением элементов и их связей. Однако структура может быть

представлена и в матричной форме, форме теоретико-множественного описания, с помощью языка топологии, алгебры и других средств моделирования систем.

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

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

Сотовая структура характеризуется наличием резервных связей, что повышает надежность (живучесть) функционирования структуры, но приводит к повышению ее стоимости.

Многосвязная структура имеет структуру полного графа. Надежность функционирования максимальная, эффективность функционирования высокая за счет наличия кратчайших путей, стоимость — максимальная.

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

Графовая структура используется обычно при описании производственно-технологических систем.

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

Иерархическая структура получила наиболее широкое распространение при проектировании систем управления, чем выше уровень иерархии, тем меньшим числом связей обладают его элементы. Все элементы кроме верхнего и нижнего уровней обладают как командными, так и подчиненными функциями управления.

Иерархические структуры представляют собой декомпозицию системы в пространстве. Все вершины (узлы) и связи (дуги, ребра) существуют в этих структурах одновременно (не разнесены во времени).

Иерархическая организационная структура — способ описания структурных отношений в сложных многоуровневых системах, характеризующий упорядоченность и взаимодействие элементов по вертикали. Иерархические структуры разделяются по принципу управления на жесткие (централизованные) и гибкие (децентрализованные), эти структуры могут иметь не только вертикальные, но и горизонтальные отношения.

Централизованная структура имеет единый орган для осуществления всех процессов управления подчиненными объектами (системами) по вертикали. В центральном органе управления происходит получение, сбор и обработка информации об управляемых объектах и на основе анализа принимаются централизованные решения, вырабатываются управляющие воздействия (*сигналы*). В централизованных системах управления распределение ресурсов осуществляется из единого центра, и поэтому эти процессы, а также согласованную деятельность подсистем, направленную на достижение единой цели, легко координировать. Централизованные структуры используют в тех областях деятельности, которые связаны с большими рисками и безопасностью. Например, организация системы военной безопасности страны, системы МЧС.

Децентрализованные организационные структуры — такие системные структуры, в которых существуют не только вертикальные отношения, но между элементами целого, т.е. относительно независимыми частями целого (функциональными подсистемами), развиты горизонтальные отношения. Это означает, что центральный орган управления (высший уровень) делегирует и распределяет часть своих полномочий на нижние уровни управления.

В теории систем М. Месарович предложил особый вид представления многоуровневых иерархических структур в виде страт, слоев, эшелонов.

Страты (лат. *stratum* — слой, пласт) — модель структуры, создаваемой на основе многомерной классификации и организуемой в иерархическом порядке. С помощью страты описывается определенный уровень абстракции, при этом сохраняя связь между входными и выходными параметрами. Представление системы в качестве семейства моделей, каждая из которых описывает поведение или состояние системы на определенном уровне абстракции, позволяет сохранить организационную структуру объекта исследования в единстве и целостности.

Слой — способ описания последовательности действий в виде иерархической структуры. Например, последовательность процедур при решении какой-либо проблемы: на верхнем уровне проблема описывается в качестве совокупности задач (декомпозиция проблемы), которые решаются на соответствующем уровне. Причем при решении «многослойных» проблем учитываются допустимые ограничения на решения задач на нижележащих уровнях без утери общего замысла решения главной проблемы. Многослойная иерархия в системе принятия решений позволяет снизить степень неопределенности ситуаций и определить уровни сложности принимаемых решений, сохраняя единство целей управления.

Эшелон (фр. *echelon* — ступенька) — способ описания многоступенчатой последовательности организации относительно независимых объектов (подсистем), подчиняющихся единой системе управления (иерархии). Эшелонная структура соединяет вертикальные и горизонтальные прямые и обратные связи. На каждом уровне управления подсистемы имеют определенную степень свободы в выборе управленческого решения. Цели на каждом уровне формулируются самостоятельно, но с учетом целей на вышестоящем уровне и необходимости координации способов их достижения. В эшелонной модели структур воплощен принцип декомпозиции целей при принятии управленческих решений, помогающий не создавать конфликтных ситуаций.

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

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

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

В общем случае термин иерархия шире, он означает соподчиненность, порядок подчинения низших по должности и чину лиц высшим, возник как наименование «служебной лестницы» в религии, широко применяется для характеристики взаимоотношений в аппарате управления государством, армией и т.д., затем концепция иерархии была распространена на любой согласованный по подчиненности порядок объектов.

Таким образом, в иерархических структурах важно лишь выделение уровней соподчиненности, а между уровнями и компонентами в пределах уровня могут быть любые взаимоотношения. В соответствии с этим существуют структуры, использующие иерархический принцип, но имеющие специфические особенности.

По **пространственной** топологии различают объемные и плоские, рассредоточенные и сосредоточенные структуры. Для систем с рассредоточенной структурой часто характерно равномерное распределение элементов в пространстве, тогда как в системах с сосредоточенной структурой наблюдаются области сгущения и разрежения. Системы с плоской структурой имеют двухмерную пространственную топологию, а с объемной - трех- и более мерную.

Распространенными в области организационного управления являются **матричные структуры**. Матричная структура может быть эквивалентом ее табличной формы. Достоинством здесь является органичное сочетание двух основных типов управления: линейного и

функционального (проектного), что с одной стороны, обеспечивает гибкое реагирование на любые изменения, а с другой - позволяет вести глубокие научно-технические проработки перспективных проектов и программ.

Существует описание системы без уточнения ее структурных особенностей — так называемая модель «черного ящика», в рамках которой указываются лишь входные и выходные параметры.

Термин «черный ящик» применяется в *кибернетике* для изучения объекта в виде модели «вход-выход», т.е. исследуются закономерности превращения входных параметров в выходные. Такое представление системы не дает информации об ее структурных особенностях. В рамках такой модели исследуется лишь влияние внешних (входных) сигналов или воздействий на систему (элемент) с целью получения выходных результатов. Такая модель в основном используется для исследования и создания технических элементов в системах автоматического управления, для изучения закономерностей изменения выходных параметров в зависимости от входных (детерминированных систем).

План практического занятия

1. Понятие структуры системы.
2. Типы структур.
3. Иерархические структуры.
4. Модель «черного ящика».

Задание. Дайте определение следующим системным понятиям. Заполните таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Определения системных понятий

Линейная структура	
Сетевая структура	
Иерархическая структура	
Древовидная структура	
Структура с сильными связями	
Структура со слабыми связями	
Кольцевая структура	
Сотовая структура	
Многосвязная структура	
Структура типа колесо	
Структура типа звезда	
Смешанная структура	
Многоуровневая структура	
Функциональная структура	
Штабная структура	
Матричная структура	
Объемная структура	
Страты	
Слои	
Эшелоны	
Стратифицированная структура	
Структура в виде слоев	
Эшелонная структура	
Многоуровневая структура	
Централизованная структура	

Децентрализованная структура	
Целостность системы	
Устойчивость системы	
Внутреннее описание системы	
Внешнее описание системы	
Морфологическое описание системы	
Функциональное описание системы	
Информационное описание системы	
Гетерогенная система	
Гомогенная система	
Смешанная система	
Соединение (конъюнкция, конъюгация)	
Коллизия	
Разъединение (дизъюнкция)	
Полимеризация	
Олигомеризация	
Гибридизация	
Изменение числа элементов	
Перестановка элементов	

Таблица 6.1

Параллелизм	
Конвергенция	
Гетеробатмия	
Триггерный эффект	

Вопросы

1. Какая основная идея заложена в структурировании систем?
2. Какое значение имеют основные положения теории систем в части их структурирования?
3. Каково содержание понятийного аппарата структурирования систем?
4. Какова роль связей между элементами системы?
5. Какие виды связей между элементами системы определяют ее состояние и поведение?
6. Какие системные структуры характерны для систем разной природы?
7. Для каких целей системного исследования применяется их описание в виде эшелонов, слоев и матриц?
8. Какую роль играет принцип иерархии при проектировании систем управления?
9. Что подразумевается под понятием «структура поля» и каково его содержание?

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

Содержание темы

Понятие модели и моделирования. Построение моделей. Познавательные, прагматические, инструментальные модели. Проблемы моделирования. Изоморфизм. Классификация моделей. Построение математических моделей. Основные свойства моделей.

Основные понятия темы

Моделирование – процесс отражения свойств одного объекта (оригинала) в другом объекте (модели). Это могут быть объекты «как есть» в целом и (или) их отдельные сущности – процессы и явления. Явления – например, поведение животного, состояния погоды – рассматриваются как сложные процессы. В основу моделирования заложена процедура формализации – перевод свойств объекта на язык понятий предметной области, алгоритмов и математики.

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».

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.

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:

1. Построение модели (эта задача менее формализуема и конструктивна, в том смысле, что нет алгоритма для построения моделей).

2. Исследование модели (эта задача более формализуема, имеются методы исследования различных классов моделей).

3. 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.

Объект и модель находятся в отношении сходства, т.е. модель по каким-то признакам должна быть подобна изучаемому объекту. Это явление называют **изоморфизмом** (от греч. *isos* – равный и *morphe* – форма).

Различают три вида подобия.

Первый вид подобия – подобное масштабирование. Примеры такого подобия: модели автомобилей, самолетов, кораблей сооружений и т.д.

Второй вид подобия – косвенное подобие (математическая аналогия).

Третий вид подобия – условное подобие или подобие по соглашению.

Примерами являются когнитивные модели, географические карты, масштабированные чертежи сооружений, зданий, структурные схемы (модели системного анализа). При этом внешне сходство объекта и модели может не соблюдаться.

Физическими моделями называют модели, эквивалентные или подобные оригиналу, но имеющие другую физическую природу, и делят их на **натуральные, квазинатуральные, масштабные и аналоговые**. Физические модели широко применяются при проектировании технических устройств и систем.

Математические модели представляют собой формализованное отображение системы с помощью абстрактного языка, с помощью математических соотношений, отражающих структуру или процесс функционирования системы, и делятся на **аналитические и численные**. Аналитические модели делятся на **детерминированные и вероятностные**.

В качестве **детерминированных** моделей, когда при исследовании случайные факты не учитываются, для представления систем, функционирующих в непрерывном времени, используются дифференциальные, интегральные и другие уравнения, а для представления систем, функционирующих в дискретном времени, – конечные автоматы и конечно-разностные схемы. Если проблемную ситуацию не удастся отобразить детерминированными моделями, то применяются **стохастические** и другие типы моделей. Однако формализованное отображение системы с помощью абстрактного языка не сводится только к детерминированным и вероятностным моделям. К математическим можно отнести модели: теоретико-множественные, математической логики, теории графов. А если в классификации принять название не математические методы, а методы формализованного представления систем, то к этому классу относятся и модели математической логики (обычно кратко называемые лингвистическими) и семиотические модели.

Классификацию моделей проводят по различным критериям:

1. 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

11. 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

20. Модель клеточно-автоматная, если она представляет систему с помощью клеточного автомата или системы клеточных автоматов. Клеточный автомат - дискретная динамическая система, аналог физического (непрерывного) поля. Клеточно-автоматная геометрия - аналог евклидовой геометрии. Неделимый элемент евклидовой геометрии - точка, на основе ее строятся отрезки, прямые, плоскости и т.д. Неделимый элемент клеточно-автоматного поля - клетка, на основе её строятся кластеры клеток и различные конфигурации клеточных структур. Это «мир» некоторого автомата, исполнителя, структуры. Представляется клеточный автомат равномерной сетью клеток («ячеек») этого поля. Эволюция клеточного автомата разворачивается в дискретном пространстве - клеточном поле. Такие клеточные поля могут быть вещественно-энергoinформационными. Законы эволюции локальны, т.е. динамика системы определяется задаваемым неизменным набором законов или правил, по которым осуществляется вычисление новой клетки эволюции и его материально-энергoinформационной характеристики в зависимости от

состояния окружающих ее соседей (правила соседства, как уже сказано, задаются). Смена состояний в клеточно-автоматном поле происходит одновременно и параллельно, а время идет дискретно. Несмотря на кажущуюся простоту их построения, клеточные автоматы могут демонстрировать разнообразное и сложное поведение. В последнее время они широко используются при моделировании не только физических, но и социально-экономических процессов.

21. Модель фрактальная, если она описывает эволюцию моделируемой системы эволюцией фрактальных объектов. Если физический объект однородный (сплошной), т.е. в нем нет полостей, можно считать, что плотность не зависит от размера.

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.

Построение математических моделей. Для реализации соответствующей математической схемы возможно применение двух методов.

1. Аналитическое моделирование предполагает использование систем алгебраических, дифференциальных, интегральных уравнений, связывающих выходные переменные с входными. Уравнения дополняются системой ограничений. Аналитическое решение можно найти, если параметров не много и система обладает линейным поведением.

2. Имитационное моделирование. Здесь математическая модель воспроизводит алгоритм («логику») функционирования исследуемой системы во времени при различных сочетаниях значений параметров системы и внешней среды. Имитационное моделирование – это построение компьютерных моделей и проведение экспериментов над ними. Имитационный подход применяют, когда параметров много, зависимости не линейны, система имеет качественно различные состояния (непрерывные процессы прерываются дискретными переходами), траекторию во времени (объект эволюционирует), обладает вероятностным поведением и обратными связями. Имитационный подход незаменим, когда нужно сопроводить модель анимационной презентацией (симуляцией). При создании виртуальных тренажеров, моделей движения транспорта и пешеходов это может оказаться главной задачей моделирования.

Сочетание имитационного и аналитического методов возможно в рамках одной комбинированной модели и способно реализовать практически любые задачи.

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).

План практического занятия

1. Понятие модели и моделирования.
2. Классификация моделей.
3. Построение математических моделей.
4. Основные свойства моделей.

Задание. Дайте определение следующим системным понятиям. Заполните таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Определения системных понятий

Физическое моделирование	
Математическое моделирование	
Макроподход к моделированию	

Продолжение таблицы 7.1

Модель «черного ящика»	
Микроподход к моделированию	
Познавательная модель	
Прагматическая модель	
Физическая модель	
Информационная (абстрактная) модель	
Дескриптивная модель	
Наглядная модель	
Смешанная модель	
Гносеологическая модель	
Инфологическая модель	
Сенсуальная модель	
Концептуальная модель	
Математическая модель	
Полное моделирование	
Неполное моделирование	
Приближенное моделирование	
Детерминированное моделирование	
Стохастическое моделирование	
Статическое моделирование	
Динамическое моделирование	
Мысленное моделирование	
Реальное моделирование	
Наглядное моделирование	

Продолжение таблицы 7.1

Символическое моделирование	
Гипотетическое моделирование	

Аналоговое моделирование	
Дискретное моделирование	
Макетирование	
Языковое моделирование	
Семантическое моделирование	
Знаковое моделирование	
Инвариантная форма записи моделей	
Аналитическая форма записи моделей	
Алгоритмическая форма записи моделей	
Численное моделирование	
Качественная модель	
Компьютерное моделирование	
Имитационное моделирование	
Метод Монте-Карло	
Метод статистического моделирования	
Комбинированное (аналитико-имитационное) моделирование	
Информационное (кибернетическое) моделирование	
Структурное моделирование	

Продолжение таблицы 7.1

Объектно-ориентированное моделирование	
Сетевое моделирование	
Лингвистическое моделирование	
Формализованное моделирование	
Ситуационное моделирование	
Натурное моделирование	
Научный эксперимент	
Комплексные испытания	
Производственный эксперимент	

Вопросы

1. Дать определение понятия «моделирование».
2. В каких случаях моделирование оправдано и необходимо?
3. Перечислить и дать краткую характеристику способов описания структуры системы.
4. Перечислить и дать краткую характеристику способов описания функции системы.
5. В чем состоит проблема выбора уровня детализации моделей?
6. Перечислить основные этапы моделирования систем.
7. Какие освоение этапы моделирования системы можно выделить?
8. Что представляют собой общие правила построения в способы реализации моделей систем?
9. Как осуществляется переход от концептуальной к машинной модели системы?
10. Какие типовые математические схемы используются для формализации объектов моделирования?
11. Какие инструментальные средства могут быть выбраны для реализации моделей объектов информационных систем?

8. МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ

Содержание темы

Аналитические и статистические методы моделирования систем. Графические методы моделирования систем. Методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов. Качественные методы моделирования систем. Метод сценариев. Метод Дельфи. Метод структуризации цели. Морфологический метод. Деловые игры. Метод мозгового штурма.

Основные понятия темы

Для классификации математических моделей принята классификация методов формализованного представления систем (МФПС) Ф. Е. Темникова, в которой выделяются следующие обобщенные группы (классы) методов:

- аналитические (методы классической математики, включая интегро-дифференциальное исчисление, методы поиска экстремумов функций, вариационное исчисление и т.п., методы математического программирования, первые работы по теории игр и т.п.);

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

- теоретико-множественные, логические, лингвистические, семиотические представления (методы дискретной математики), составляющие теоретическую основу разработки языков моделирования, автоматизации проектирования, информационно-поисковых языков и графические, включающие теорию графов и разного рода графические представления информации типа диаграмм, гистограмм и других графиков.

Аналитические и статистические методы получили наибольшее распространение в практике проектирования и управления. Для представления промежуточных и окончательных результатов моделирования широко используются графические представления (графики, диаграммы и т.п.). Однако последние являются вспомогательными; основу же модели, доказательства её адекватности составляют те или иные направления аналитических и статистических представлений. Поэтому, несмотря на то, что по основным направлениям этих двух классов методов в вузах читаются самостоятельные курсы лекций, мы всё же кратко охарактеризуем их особенности, достоинства и недостатки с точки зрения возможности использования при моделировании систем.

На базе аналитических представлений возникли и развиваются математические теории различной сложности – от аппарата классического математического анализа (методов исследования функций, их вида, способов представления, поиска экстремумов функций и т.п.) до таких новых разделов современной науки – исследования операции, системный анализ, как математическое программирование (линейное, нелинейное, динамическое и т.п.), теория игр (матричные игры с чистыми стратегиями, дифференциальные игры и т.п.).

Статистические представления сформировались как самостоятельное научное направление в середине прошлого века (хотя возникли значительно раньше). Основу их составляет отображение явлений и процессов с помощью случайных (стохастических) событий и их поведений, которые описываются соответствующими вероятностными (статистическими) характеристиками и статистическими закономерностями.

Статистические закономерности можно представить в виде дискретных случайных величин и их вероятностей, или в виде непрерывных зависимостей распределения событий, процессов.

Математическая лингвистика возникла во второй половине прошлого столетия как средство формализованного изучения естественных языков и вначале развивалась как алгебраическая лингвистика. Первые полезные результаты алгебраической лингвистики связаны со структуралистским (дескриптивным) подходом. Однако в силу отсутствия в тот период концепции развития языка эти работы привели к ещё большему тупику в попытках построения

универсальной грамматики, и был период, когда структурализм считался неперспективным направлением развития науки о языке.

Семиотика возникла как наука о знаках, знаковых системах. Однако некоторые школы, развивающие семиотические представления, настолько равноправно пользуются в семиотике понятиями математической лингвистики, такими как тезаурус, грамматика, семантика и т.п. (характеризуемыми ниже), не выделяя при этом в отдельное направление лингвосемиотику, что часто трудно определить, к какой области относится модель – математической лингвистике или семиотике.

Графические методы. Понятие графа первоначально было введено Л. Эйлером. Графические представления позволяют наглядно отображать структуры сложных систем и процессов, происходящих в них. С этой точки зрения они могут рассматриваться как промежуточные между методами формализованного представления систем и методами активизации специалистов.

Действительно, такие средства, как графики, диаграммы, гистограммы, древовидные структуры, можно отнести к средствам активизации интуиции специалистов.

В то же время есть и возникшие на основе графических представлений методы, которые позволяют ставить и решать вопросы оптимизации процессов организации, управления, проектирования, и являются математическими методами в традиционном смысле.

Методы, направленные на **активизацию** использования интуиции и опыта специалистов. Рассматриваемые ниже подходы и методы возникали и развивались как самостоятельные, и для обобщения в теории систем вначале их называли качественными (оговаривая условность этого названия, поскольку при обработке получаемых результатов могут использоваться и количественные представления) или экспертными, поскольку они представляют собой подходы в той или иной форме активизирующие выявление и обобщение мнений опытных специалистов – экспертов (в широком смысле термин «эксперт» в переводе с латинского означает «опытный»).

Однако есть и особый класс методов, связанных с непосредственным опросом экспертов, который называют методом экспертных оценок. Этот термин, хотя и несколько громоздкий, в большей мере, чем другие, отражает суть методов, к которым прибегают специалисты в тех случаях, когда не могут сразу описать рассматриваемую проблемную ситуацию аналитическими зависимостями или выбрать тот или иной из рассмотренных выше методов формализованного представления для формирования модели принятия решения.

Качественные методы моделирования систем. Это наиболее распространенные на сегодняшний день методы моделирования систем: экономических, производственных и т.д. И, в частности, образовательных систем. К ним относят: метод «сценариев», метод структуризации, метод «дерева целей», морфологический метод, деловые игры, метод мозгового штурма, метод «Дельфи», метод синектики.

Метод сценариев предполагает создание технологий разработки сценариев, обеспечивающих более высокую вероятность выработки эффективного решения в тех ситуациях, когда это возможно, и более высокую вероятность сведения ожидаемых потерь к минимуму в тех ситуациях, когда потери неизбежны.

В настоящее время известны различные реализации метода сценариев, такие, как:

- получение согласованного мнения;
- повторяющаяся процедура независимых сценариев;
- использование матриц взаимодействия и др.

Метод *получения согласованного мнения* является, по существу, одной из реализаций метода Дельфи, ориентированной на получение коллективного мнения различных групп экспертов относительно крупных событий в той или иной области в заданный период будущего.

К негативным моментам этого метода можно отнести недостаточное внимание, уделяемое взаимозависимости и взаимодействию различных факторов, влияющих на развитие событий, а также динамике развития ситуации.

Метод *повторяющегося объединения независимых сценариев* состоит в составлении независимых сценариев по каждому из аспектов, оказывающих существенное влияние на развитие ситуации, и повторяющемся итеративном процессе согласования сценариев развития различных аспектов ситуации.

Достоинством этого метода является более углубленный анализ взаимодействия различных аспектов развития ситуации. К его недостаткам можно отнести недостаточную разработанность и методическую обеспеченность процедур согласования сценариев.

Метод *матриц взаимовлияний*, разработанный Гордоном и Хелмером, предполагает определение на основании экспертных оценок потенциального взаимовлияния событий рассматриваемой совокупности.

Оценки, связывающие все возможные комбинации событий по их силе, распределению во времени и т.д., позволяют уточнить первоначальные оценки вероятностей событий и их комбинаций. К недостаткам метода можно отнести трудоемкость получения большого количества оценок и корректной их обработки.

Метод структуризации целей предусматривает количественное и качественное описание, сроки достижения и анализ иерархически распределенных взаимосвязанных и взаимообусловленных целей СУ. Структурированные цели часто представляют графически в виде «дерева» целей, отображающего связи между ними и средства их достижения. Построение такого «дерева» осуществляется на основе дедуктивной логики с использованием эвристических процедур. Оно состоит из целей нескольких уровней: генеральная цель - главные цели (подцели 1-го уровня) - цели 2-го уровня - подцели 3-го уровня и так до требуемого уровня. Для достижения генеральной цели необходимо реализовать главные цели (по существу эти цели выступают по отношению вышестоящей цели как средства); для достижения каждой из главных целей требуется реализовать соответственно свои более конкретные цели 2-го уровня и т.д. Обычно для построения «дерева» целей используют процедуры классификации, декомпозиции и ранжирования. Каждая подцель должна характеризоваться коэффициентом относительной важности. Сумма этих коэффициентов для подцелей одной цели должна равняться единице. Каждый уровень целей (подцелей) следует формировать по определенному признаку декомпозиции процесса их достижения, а любую цель (подцель) желательно относить к организационно обособленному подразделению или исполнителю.

Дерево целей - это структурированная, построенная по иерархическому принципу совокупность целей социально-экономической системы, программы, плана, в которой выделены генеральная цель; подчиненные ей подцели первого, второго и последующего уровней. Термин «дерево» подразумевает использование иерархической структуры, полученной путем разделения общей цели на подцели, а их, в свою очередь, на более детальные составляющие, которые можно называть подцелями нижележащих уровней или, начиная с некоторого уровня — функциями. Дерево целей представляет собой связный граф, вершины которого интерпретируются как цели, а ребра или дуги — как связи между целями. При этом в понятие целей на разных уровнях вкладывается различное содержание: от объективных народнохозяйственных потребностей и желаемых направлений развития на верхнем уровне дерева до решения конкретных практических задач и осуществления отдельных мероприятий на нижних уровнях. Основным требованием к дереву целей является отсутствие циклов. В остальном метод достаточно универсален. Дерево целей является главным инструментом увязки целей высшего уровня с конкретными средствами их достижения на низшем производственном уровне через ряд промежуточных звеньев.

Алгоритм построения «дерева целей» следующий:

1. Определение генеральной (общей) цели;
2. Разделение общей цели на подцели (подцели 1-го уровня);
3. Разделение подцелей 1-го уровня на подцели 2-го уровня;
4. Разделение подцелей 2-го уровня на более детальные составляющие (подцели 3-го уровня).

Существует четыре вида взаимосвязей между целями:

1. Взаимодополнение целей: первая цель достигается только в случае достижения второй и наоборот.
2. Индифферентность целей: первая цель достигается независимо от достижения второй.
3. Антогонизм целей: достигается либо первая, либо вторая цель.
4. Конкуренция целей: ограниченное количество ресурсов может быть направлено на достижение либо первой, либо второй цели.

Морфологический метод – метод прогнозирования, основанный на выявлении структуры объекта прогнозирования и оценке возможных значений ее элементов с последующим перебором и оценкой вариантов сочетаний этих значений. Основная идея метода состоит в уменьшении сложности проблемы через ее разделение на компоненты, причем эти компоненты должны быть относительно независимыми от общей проблемы. Морфологический метод был предложен в 1966 г. швейцарским астрофизиком Цвики.

Морфология - учение об упорядоченном мышлении представляет принципы и правила, следование которым повышает целенаправленность и рациональность процесса выработки решения. Морфология вскрывает многообразие возможных решений, которые могут возникнуть в ходе комбинации всех возможных альтернатив решения подпроблем. *Основная область применения метода - поиск инновативных решений, причем здесь идет сознательное обращение к уже существующим частичным решениям.* Морфология применяется прежде всего для развития материальных объектов (например, разработки новых продуктов).

Морфология превосходно подходит для комбинации уже существующих частичных решений в инновативное общее решение. Проблемой для пользователя является выбор параметров, поскольку это требует наличия аналитических способностей и способностей к абстрагированию.

Деловые игры (анализ ситуаций, ролевые, имитационные) позволяют решать задачи в условиях неопределенности, риска, конфликтных ситуаций. Методика их использования на практике хорошо разработана и не вызывает особых затруднений. В отличие от деловых игр ОДИ — это принципиально новый класс игр, применение которых требует специальной подготовки. К ОДИ относятся организационно-коммуникативные, организационно-мыслительные, организационно-деятельностные, проблемно-деловые, проблемно-ориентированные, деловые, апробационно-поисковые, инновационные игры. Как видно из перечня, ОДИ позволяют решать уникальные задачи, обосновывать принятие сложнейших управленческих решений.

К основным особенностям организационно-деятельностных игр относятся:

- моделирование деятельности различных специалистов по решению комплексных проблем управления социально-экономическими системами на основе реальной информации об их состоянии;

- использование коллективной деятельности в выработке решений;

- условность ролей в ОДИ, наличие общей цели у всего коллектива;

Математические модели, описывающие технологические, организационные и другие процессы, в игровой имитации подвергаются численному исследованию и на его основе принимаются количественные решения. Применение компьютерных технологий не является необходимым условием, однако их использование способствует успешной реализации процесса имитации, обеспечивая ряд преимуществ.

Фактор времени, присутствующий и учитываемый в деловой игре, накладывает определенные условия на процесс и результаты игры. Изменение масштаба времени дает возможность сокращать до минут и часов длительность процессов, измеряемых в сутках, годах. Наличие обратной связи в имитационной системе, благодаря многократному проигрыванию различных ситуаций, позволяет играющим, анализируя результаты, обучаться и в каждом последующем периоде принимать более эффективные решения.

Метод мозгового штурма (мозговая атака, мозговой штурм, англ. brainstorming) — оперативный метод решения проблемы на основе стимулирования творческой активности, при ко-

тором участникам обсуждения предлагают высказывать возможно большее количество вариантов решения, в том числе самых фантастических. Затем из общего числа высказанных идей отбирают наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике.

Очень часто решение об использовании метода мозгового штурма принимается в ситуации, когда не удалось решить проблему обычным путем, когда кажется, что все возможные пути решения уже рассмотрены, и при обсуждении проблемы все уже просто «ходят по кругу».

В этой ситуации необходимо переформулировать проблему, например, в виде задачи-аналога или упростив ранее сформулированную задачу.

В настоящее время в современном менеджменте групповые методы принятия решений являются наиболее популярными и востребованными. Можно отметить несомненные их плюсы, к которым в первую очередь относятся:

- широкий охват специалистов, тех, для кого актуальна сфера, в которой принимаются решения;

- максимальная включенность и вовлеченность участников во время самого процесса выработки группового решения;

- синергетический эффект, активизирующий творческий потенциал.

Однако данная технология таит в себе и некоторые сложности, которых можно избежать, если правильно подойти к процессу. В ходе мозгового штурма особая ответственность возлагается на его ведущего. Собрать людей и провести с ними подобное совместное действие — процесс трудоемкий по затратам сил и сложный в управлении. Поэтому актуальными и зачастую решающими становятся такие навыки ведущего, как четкое понимание и чувство ситуации, каждого участника в отдельности и всех вместе.

В целом процессы принятия групповых решений подчинены основной психологически обусловленной модели, которая может быть представлена следующей достаточно простой последовательностью этапов ее применения.

Метод Дельфи (иногда дельфийский метод) был разработан в 1950—1960 годы в США для прогнозирования влияния будущих научных разработок на методы ведения войны (разработан корпорацией RAND, авторами считаются Olaf Helmer, Norman Dalkey, и Nicholas Rescher). Имя заимствовано от Дельфийского Оракула.

Является методом экспертного оценивания. Особенности: заочность, многоуровневость, анонимность.

Суть этого метода в том, чтобы с помощью серии последовательных действий – опросов, интервью, мозговых штурмов – добиться максимального консенсуса при определении правильного решения. Анализ с помощью дельфийского метода проводится в несколько этапов, результаты обрабатываются статистическими методами.

Базовым принципом метода является то, что некоторое количество независимых экспертов (часто несвязанных и не знающих друг о друге) лучше оценивает и предсказывает результат, чем структурированная группа (коллектив) личностей. Позволяет избежать открытых столкновений между носителями противоположенных позиций т.к. исключает непосредственный контакт экспертов между собой и, следовательно, групповое влияние, возникающее при совместной работе и состоящее в приспособлении к мнению большинства, даёт возможность проводить опрос экстерриториально, не собирая экспертов в одном месте (например, посредством электронной почты).

Субъекты:

- группы исследователей, каждый из которых отвечает индивидуально в письменной форме.

- организационная группа — сводит мнения экспертов воедино.

Метод синектики – вариант целенаправленного использования для поиска новых идей методов мозговой атаки и аналогии. Высокая эффективность найденных решений достигается за счет последовательного отхода, отчуждения от решаемой проблемы, получения ее новых об-

разов в процессе формулирования символической аналогии. На первом этапе использования данного метода (цель которого – исключение тривиальных идей, группой синекторов) проводится спонтанная мозговая атака, завершающаяся формулировкой проблемы «как она понята», после чего начинается собственно решение задачи.

Далее идут процедуры систематического отчуждения от проблемы путем последовательного проведения аналогий: прямой аналогии, личной аналогии или эмпатии, фантастической аналогии, символической аналогии. Возврат и формулировка окончательного технического решения осуществляется после проведения прямой аналогии с техническим решением, сформулированным ранее на основе одной или нескольких символических аналогий. Указанная структура процедур синектики с учётом психологических сложностей, возникающих при организации и проведении мозговой атаки, обуславливает труднодоступность этого метода. Участник сеанса синектики должен обладать развитым метафорическим мышлением, не только хорошо разбираться в технических проблемах, но и обладать художественными способностями. В России метод синектики пока не получил широкого распространения.

Необходимо отметить, что в отличие от мозгового штурма при использовании синектики требуется специальная и длительная подготовка.

План практического занятия

1. Аналитические и статистические методы моделирования систем.
2. Графические методы моделирования систем.
3. Методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов.
4. Качественные методы моделирования систем. Метод сценариев.
5. Метод Дельфи.
6. Метод мозгового штурма.

Задание. Дайте определение следующим системным понятиям. Заполните таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Определения системных понятий

Формальные методы	
Неформальные методы	
Методы, основанные на использовании знаний и интуиции специалистов	
Методы мозговой атаки	
Продолжение таблицы 8.1	
Прямая мозговая атака	
Обратная мозговая атака	
Экспертные методы	
Метод интервью	
Аналитические экспертные оценки	
Метод круглого стола	
Метод Дельфи	
Метод коллективной генерации идей	
Методы организации сложных экспертиз	
Методы типа «сценариев»	
Методы структуризации	
Методы типа «дерева целей»	
Морфологические методы	
Деловые игры	
Методы формализованного представления систем	
Сетевой метод	

Аналитические методы	
Статистические методы	
Теоретико-множественные методы	
Логические методы	
Лингвистические методы	
Семиотические методы	
Графические методы	
Теоретические методы	
Метод формализации	
Метод аксиоматизации	
Метод идеализации	
Метод восхождения от абстрактного к конкретному	
Метод индукции	
Метод дедукции	
Эмпирические методы	
Метод наблюдения	
Метод измерения	
Метод сравнения	
Метод эксперимента	
Теоретико-эмпирические методы	
Метод абстрагирования	
Метод моделирования	
Информационный метод	
Кибернетические методы	
Исследование по аналогии	
Интуитивный метод	
Проблемный метод	
Методы комбинаторики	
Методы имитационного динамического моделирования	
Комплексированные методы	
Методы исследования информационных потоков	

Вопросы

1. Классификация методов моделирования систем.
2. Качественные методы моделирования систем.
3. Аналитические методы.
4. Статистические методы.
5. Теоретико-множественные представления.
6. Математическая логика.
7. Лингвистические и семиотические представления.
8. Графические методы.
9. Методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов.

9. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Валентинов В.А. Теория систем и системный анализ: учебник. – 3-е изд. - М.: Дашков и Ко, 2012. – 639 с. [электронный ресурс]: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=116009&sr=1

2. Силич В.А., Силич М.П. Теория систем и системный анализ: учебное пособие. - Томск: Томский политехнический университет, 2011. – 276 с. [электронный ресурс]: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=208568&sr=1

3. Балдин К.В., Башлыков В.Н., Рокосуев А.В. Математические методы и модели в экономике: учебник. - М.: Флинта, 2012. – 328 с. [электронный ресурс]: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=103331&sr=1

4. Чернышов В.Н., Чернышов А.В. Системный анализ и моделирование при разработке экспертных систем: учебное пособие. - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 128 с. [электронный ресурс]: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=277638

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лабораторная работа 1.

Определение оптимального распределения поставок и минимальных затрат при решении транспортных задач

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является приобретение студентами практических навыков решения транспортных задач и использования инструмента Поиск решения среды MS Excel для нахождения оптимального распределения поставок и минимальных затрат.

Содержание

1. Определение начального базисного допустимого решения методом северо-западного угла.
2. Определение оптимального решения транспортной задачи методом потенциалов.
3. Решение транспортной задачи с применением среды MS Excel.
4. Разработка словестной формулировки транспортной задачи.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Для изучения материалов лабораторной работы необходимо:

1. Компьютер под управлением операционной системы Windows XP/Vista/7 с параметрами по умолчанию.
2. Установленная на компьютер программа для работы с электронными таблицами MS Excel 2007/2010/2013.
3. Текстовый процессор Microsoft Word 2007/2010/2013.

ЗАДАНИЕ

1. Изучить теоретический материал.
2. Получить у преподавателя номер задания и выбрать условия задачи в таблице 3.19.
3. Определить начальное базисное допустимое решение, используя метод северо-западного угла.
4. Найти оптимальное решение транспортной задачи методом потенциалов.
5. Найти оптимальное решение транспортной задачи, используя табличный редактор MS Excel. Сгенерировать отчеты и провести анализ результатов.
6. Сравнить результаты применения двух методов.
7. Разработать словесную формулировку транспортной задачи и учесть ее при составлении отчета.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист с указанием названия лабораторной работы, ФИО студента.
2. Цель работы.
3. Основная часть с комментариями о производимых действиях при выполнении задания, предлагаемого в лабораторной работе. Комментарии сопровождаются скриншотами.
4. Выводы по результатам выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе. Текст отчета подготавливается в текстовом редакторе, согласно ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», и предоставляется в электронном и в распечатанном виде в одном экземпляре. К отчету прилагаются файлы, созданные в ходе выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите признаки, определяющие транспортную задачу.
2. Сформулируйте математическое описание транспортной задачи.
3. Какие действия необходимо провести при отсутствии баланса между спросом и предло-

жением в транспортной задаче?

4. Прокомментируйте особенности определения начального базисного допустимого решения транспортной задачи.
5. Прокомментируйте особенности поиска оптимального решения транспортной задачи.
6. Охарактеризуйте особенности использования табличного редактора MS Excel для решения транспортной задачи.

Список литературы

1. Гарнаев А. Ю., Рудикова Л. В. Microsoft Office Excel 2010: разработка приложений. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
2. Задачи оптимизации в MS Excel [электронный ресурс] // [http:// exsolver.narod.ru/](http://exsolver.narod.ru/).
3. Охорзин В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2009.
4. ТахаХ. А. Введение в исследование операций. -М.: Вильямс, 2007.

Лабораторная работа 2.

Решение задачи о назначениях венгерским методом

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является приобретение студентами практических навыков решения задач о назначениях венгерским методом с использованием табличного процессора MS Excel, а также среды Mathcad для поиска оптимального распределения работников по всем заявленным работам.

Содержание

1. Решение венгерским методом задачи о назначениях.
2. Решение задачи о назначениях с использованием табличного процессора MS Excel.
3. Решение задачи о назначениях в среде Mathcad.

Для изучения материалов лабораторной работы необходимо:

1. Компьютер под управлением операционной системы Windows XP/Vista/7 с параметрами по умолчанию.
2. Установленная на компьютер программа для работы с электронными таблицами MS Excel 2007/2010/2013.
3. Установленная на компьютер система Mathcad 14/15/Prime 1.0/ Prime 2.0/Prime 3.0.
4. Microsoft Word 2007/2010/2013 или его аналог.

ЗАДАНИЕ

1. Изучить теоретический материал.
2. Получить у преподавателя номер задания и выбрать условия задачи.
3. Решить венгерским методом задачу о назначениях.
4. Проверить полученные результаты, найдя оптимальное распределение, используя табличный процессор MS Excel.
5. Проверить полученные результаты, найдя оптимальное распределение работников в среде Mathcad.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист с указанием названия лабораторной работы, ФИО студента.
2. Цель работы.
3. Основная часть с комментариями о производимых действиях при выполнении задания, предлагаемого в лабораторной работе. Комментарии сопровождаются скриншотами.
4. Выводы по результатам выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе. Текст отчета подготавливается в текстовом редакторе, согласно ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», и предоставляется в электронном и в распечатанном виде в

одном экземпляре. К отчету прилагаются файлы, созданные в ходе выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные отличия задачи о назначениях от классической транспортной задачи.
2. Определите этапы выполнения венгерского метода.
3. Прокомментируйте особенности применения венгерского метода при максимизации целевой функции Z .
4. Охарактеризуйте особенности использования табличного редактора MS Excel для решения задачи о назначениях.
5. Охарактеризуйте особенности использования среды Mathcad для решения задачи о назначениях.

Список литературы

5. Гарнаев А. Ю., Рудикова Л. В. Microsoft Office Excel 2010: разработка приложений. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
6. Задачи оптимизации в MS Excel [электронный ресурс] // [http:// exsolver.narod.ru/](http://exsolver.narod.ru/).
7. Охорзин В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2009.
8. ТахаХ. А. Введение в исследование операций. -М.: Вильямс, 2007.

Лабораторная работа 3.

Решение оптимизационных задач в условиях неопределенности

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является приобретение студентами практических навыков принятия решений в условиях неопределенности и использования среды MS Excel для нахождения оптимальной стратегии.

Содержание

1. Определение оптимальной стратегии аналитическим методом.
2. Определение оптимальной стратегии с использованием табличного редактора MS Excel.
3. Разработка словесной формулировки задачи принятия решений в условиях неопределенности.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Для изучения материалов лабораторной работы необходимо:

1. Компьютер под управлением операционной системы Windows XP/Vista/7 с параметрами по умолчанию.
2. Установленная программа MS Excel 2007/2010/2013.
3. Текстовый процессор (Microsoft Word 2007/2010/2013 или аналог).

ЗАДАНИЕ

1. Изучить теоретический материал.
2. Получить номер варианта задания и выбрать условия задачи в табл. 5.5.
3. Найти оптимальную стратегию для различных критериев аналитическим методом.
4. Проверить полученные результаты, используя MS Excel.
5. Разработать словесную формулировку принятия решений в условиях неопределенности и учесть ее при составлении отчета.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист с указанием названия лабораторной работы, ФИО студента.
2. Цель работы.
3. Основная часть с комментариями о производимых действиях при выполнении задания, предлагаемого в лабораторной работе. Комментарии сопровождаются скриншотами.
4. Выводы по результатам выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе. Текст отчета подготавливается в текстовом редакторе, согласно ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», и предоставляется в электронном и в распечатанном виде в

одном экземпляре. К отчету прилагаются файлы, созданные в ходе выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите особенности принятия решений в условиях неопределенности.
2. Назовите возможные варианты задач принятия решений с точки зрения информированности лица, принимающего решение, относительно зависимости исходов операции от условий ее проведения и принимаемых решений.
3. Дайте характеристику критериев принятия решений в условиях неопределенности.
4. Охарактеризуйте особенности использования табличного редактора MS Excel для решения задачи принятия решений в условиях неопределенности.
5. Какую роль имеет значение показателя α на принятие решения с использованием критерия Гурвица?

Список литературы

1. Гарнаев А. Ю., Рудикова Л. В. Microsoft Office Excel 2010: разработка приложений. - СПб. БХВ-Петербург, 2011.
2. Задачи оптимизации в MS Excel [электронный ресурс] // [http:// exsolver.narod.ru/](http://exsolver.narod.ru/).
3. Кофман А., Фор Р. Займемся исследованием операций / под ред. А. А. Корбута. - М.: Мир, 1966.
4. ТахаХ. А. Введение в исследование операций. -М.: Вильямс, 2007.

Лабораторная работа 4. Решение игровых задач

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является приобретение студентами практических навыков решения игровых задач итерационным методом и использование инструмента Поиск решения среды MS Excel для решения игровых задач методом линейного программирования.

Содержание

1. Решение игровой задачи итерационным методом.
2. Решение игровой задачи методом линейного программирования с применением среды MS Excel.
3. Разработка словестной формулировки игровой задачи.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Для изучения материалов лабораторной работы необходимо:

1. Компьютер под управлением операционной системы Windows XP/Vista/7 с параметрами по умолчанию.
2. Установленная на компьютер программа для работы с электронными таблицами MS Excel 2007/2010/2013.
3. Текстовый процессор (Microsoft Word 2007/2010/2013 или его аналог).

ЗАДАНИЕ

1. Изучить теоретический материал.

Получить у преподавателя номер задания и выбрать условия задачи в виде платежной матрицы в табл. 6.4.

3. Решить игровую задачу итерационным методом.
4. Решить игровую задачу методом линейного программирования, используя табличный редактор MS Excel. Сгенерировать отчеты и провести анализ результатов.
5. Сравнить результаты, полученные при использовании двух методов.
6. Разработать словесную формулировку игровой задачи и учесть ее при составлении отчета.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист с указанием названия лабораторной работы, ФИО студента.
2. Цель работы.
3. Основная часть с комментариями о производимых действиях при выполнении задания, предлагаемого в лабораторной работе. Комментарии сопровождаются скриншотами.
4. Выводы по результатам выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе. Текст отчета подготавливается в текстовом редакторе, согласно ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», и предоставляется в электронном и в распечатанном виде в одном экземпляре. К отчету прилагаются файлы, созданные в ходе выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные признаки игровых задач принятия решений.
2. Опишите в общем виде математическую модель игровой задачи.
3. Прокомментируйте особенности применения итерационного метода решения игровой задачи.
4. Каким образом оценивается значение цены игры при применении итерационного метода решения игровой задачи.
5. Охарактеризуйте особенности использования табличного редактора MS Excel для решения игровой задачи.

Список литературы

1. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: учебное пособие. - М.: КноРус, 2010.
2. Гарнаев А. Ю., Рудикова Л. В. Microsoft Office Excel 2010: разработка приложений. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
3. Задачи оптимизации в MS Excel [электронный ресурс] // [http:// exsolver.narod.ru/](http://exsolver.narod.ru/).
4. Таха Х. А. Введение в исследование операций. - М.: Вильямс, 2007.
- 5.

Лабораторная работа 5.

Исследование алгоритма нахождения минимального остовного дерева

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является приобретение студентами практических навыков применения алгоритма нахождения минимального остовного дерева и использования среды MS Excel для соединения всех узлов сети с помощью путей наименьшей длины.

Содержание

1. Нахождение минимального остовного дерева графическим методом.
2. Нахождение минимального остовного дерева с применением среды MS Excel.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Для изучения материалов лабораторной работы необходимо:

1. Компьютер под управлением операционной системы Windows XP/Vista/7 с параметрами по умолчанию.
2. Установленная на компьютер программа MS Excel 2007/2010/2013.
3. Текстовый процессор Microsoft Word 2007/2010/2013 или аналог.

ЗАДАНИЕ

1. Изучить теоретический материал.
2. Получить номер варианта задания и выбрать условия задачи.
3. Построить сетевую модель в виде графа, содержащего 10 вершин.
4. Найти минимальное дерево-остов графическим методом.
5. Использовать MS Excel для нахождения минимального дерева-остова.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист с указанием названия лабораторной работы, ФИО студента.
2. Цель работы.
3. Основная часть с комментариями о производимых действиях при выполнении задания, предлагаемого в лабораторной работе. Комментарии сопровождаются скриншотами.
4. Выводы по результатам выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе. Текст отчета подготавливается в текстовом редакторе, согласно ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», и предоставляется в электронном и в распечатанном виде в одном экземпляре. К отчету прилагаются файлы, созданные в ходе выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение направленного ребра, используемого в сетевых моделях.
2. Дайте определение связной сети, используемого в сетевых моделях.
3. Дайте определение дерева, используемого в сетевых моделях.
4. Назовите признаки остовного дерева.
5. Назовите основные этапы алгоритма нахождения минимального остовного дерева.
6. Охарактеризуйте особенности использования табличного редактора MS Excel для решения задачи поиска минимального остовного дерева.

Список литературы

1. Гарнаев А. Ю., Рудикова Л. В. Microsoft Office Excel 2010: разработка приложений. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
2. Задачи оптимизации в MS Excel [электронный ресурс] // [http:// exsolver.narod.ru/](http://exsolver.narod.ru/).
3. Ревчук И. Н., Пчельник В. К. Прикладная математика: пособие. - Гродно: ГрГУ им. Я. Купалы, 2007.
4. ТахаХ. А. Введение в исследование операций. -М.: Вильямс, 2007.

Лабораторная работа 6.

Решение задачи определения кратчайшего пути

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является приобретение студентами практических навыков применения алгоритма Дейкстры для решения задачи поиска кратчайшего пути на сетях и использования среды MS Excel для нахождения оптимального пути.

Содержание

1. Решение задачи поиска кратчайшего пути с применением алгоритма Дейкстры.
2. Решение задачи поиска кратчайшего пути с применением среды MS Excel.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Для изучения материалов лабораторной работы необходимо:

1. Компьютер под управлением операционной системы Windows XP/Vista/7 с параметрами по умолчанию.
2. Установленная на компьютер программа для работы с электронными таблицами MS Excel 2007/2010/2013.
3. Текстовый процессор Microsoft Word 2007/2010/2013 или аналог.

ЗАДАНИЕ

1. Изучить теоретический материал.
2. Получить номер варианта задания и выбрать условия задачи.
3. Построить сетевую модель в виде графа содержащего 10 вершин.
4. Найти кратчайший путь между вершинами 1 и 10 с применением алгоритма Дейкстры.
5. Найти кратчайший путь между вершинами 1 и 10 с применением среды MS Excel.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист с указанием названия лабораторной работы, ФИО студента.
2. Цель работы.
3. Основная часть с комментариями о производимых действиях при выполнении задания,

предлагаемого в лабораторной работе. Комментарии сопровождаются скриншотами.

4. Выводы по результатам выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе. Текст отчета подготавливается в текстовом редакторе, согласно ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», и предоставляется в электронном и в распечатанном виде в одном экземпляре. К отчету прилагаются файлы, созданные в ходе выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение пути, используемого в сетевых моделях.
2. Дайте определение ориентированного цикла, используемого в сетевых моделях.
3. Назовите особенности применения алгоритма Дейкстры для поиска кратчайшего пути.
4. Назовите особенности применения алгоритма Флойда для поиска кратчайшего пути.
5. Охарактеризуйте особенности использования табличного редактора MS Excel для решения задачи поиска кратчайшего пути на сетях.

Список литературы

5. Гарнаев А. Ю., Рудикова Л. В. Microsoft Office Excel 2010: разработка приложений. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
6. Задачи оптимизации в MS Excel [электронный ресурс] // [http:// exsolver.narod.ru/](http://exsolver.narod.ru/).
7. Ревчук И. Н., Пчельник В. К. Прикладная математика: пособие. - Гродно: ГрГУ им. Я. Купалы, 2007.
4. ТахаХ. А. Введение в исследование операций. -М.: Вильямс, 2007.

Лабораторная работа 7.

Исследование задач принятия решений при анализе систем массового обслуживания с отказами

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является приобретение студентами практических навыков решения задач принятия решений при анализе одноканальной и многоканальной СМО с отказами и использования для анализа среды Mathcad.

Содержание

1. Составление системы дифференциальных уравнений Колмогорова.
2. Расчет динамики системы массового обслуживания путем интегрирования уравнений Колмогорова с интенсивностями переходов в среде Mathcad.
3. Расчет основных характеристик системы массового обслуживания в установившемся режиме с применением среды Mathcad.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Для изучения материалов лабораторной работы необходимо:

1. Компьютер под управлением операционной системы Windows XP/Vista/7 с параметрами по умолчанию.
2. Установленная на компьютер система компьютерной алгебры Mathcad 14/15/Prime 1.0/Prime 2.0/Prime 3.0.
3. Текстовый процессор Microsoft Word 2007/2010/2013 или его аналог.

ЗАДАНИЕ

1. Изучить теоретический материал.
2. Получить номер варианта задания и выбрать условия задачи.
3. Составить систему дифференциальных уравнений Колмогорова.
4. Провести расчет динамики системы массового обслуживания путем интегрирования уравнений Колмогорова с интенсивностями переходов в среде Mathcad.
5. Провести расчет основных характеристик системы массового обслуживания в установившемся режиме с применением среды Mathcad.

6. Проанализировать графики зависимостей вероятностей нахождения системы в различных состояниях от времени. Сравнить результаты, полученные при выполнении пунктов 3 и 4.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист с указанием названия лабораторной работы, ФИО студента.
2. Цель работы.
3. Основная часть с комментариями о производимых действиях при выполнении задания, предлагаемого в лабораторной работе. Комментарии сопровождаются скриншотами.
4. Выводы по результатам выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе. Текст отчета подготавливается в текстовом редакторе, согласно ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», и предоставляется в электронном и в распечатанном виде в одном экземпляре. К отчету прилагаются файлы, созданные в ходе выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение системе массового обслуживания.
2. Назовите характеристики эффективности работы СМО.
3. Прокомментируйте различия между системой массового обслуживания с отказами и СМО с ожиданием.
4. Назовите принципы условного обозначения компонентов СМО.
5. Назовите наиболее часто встречающиеся условные обозначения компонентов СМО (по Кендалу).
6. Сформулируйте в общем виде задачу моделирования системы массового обслуживания с отказами.
7. Охарактеризуйте особенности использования среды Mathcad для анализа динамики СМО с отказами.
8. Охарактеризуйте особенности использования среды Mathcad для расчета основных характеристик СМО с отказами в установившемся режиме.

Список литературы

1. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: учебное пособие. - М.: КноРус, 2010.
2. Охорзин В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2009.

Лабораторная работа 8.

Исследование задач принятия решений при анализе систем массового обслуживания с очередью

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является приобретение студентами фактических навыков решения задач принятия решений при анализе многоканальной СМО с очередью и использования для анализа среды Mathcad.

Содержание

1. Составление системы дифференциальных уравнений Колмогорова.
2. Интегрирование уравнений Колмогорова с интенсивностями переходов в среде Mathcad.
3. Расчет основных характеристик СМО в установившемся режиме в среде Mathcad.

Для изучения материалов лабораторной работы необходимо:

1. Компьютер под управлением операционной системы Windows XP/Vista/7 с параметрами по умолчанию.
2. Установленная на компьютер система компьютерной алгебры Mathcad 14/15/Prime 1.0/Prime 2.0/Prime 3.0.
3. Текстовый процессор Microsoft Word 2007/2010/2013 или его аналог.

ЗАДАНИЕ

1. Изучить теоретический материал.

2. Получить номер варианта задания и выбрать условия задачи.
3. Составить систему дифференциальных уравнений Колмогорова.
4. Произвести интегрирование уравнений Колмогорова с интенсивностями переходов, используя программу Mathcad.
5. Проанализировать графики зависимостей вероятностей нахождения системы в различных состояниях от времени.
6. Произвести расчет основных характеристик СМО в установившемся режиме, используя программу Mathcad.
7. Проанализировать полученные результаты.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист с указанием названия лабораторной работы, ФИО студента.
2. Цель работы.
3. Основная часть с комментариями о производимых действиях при выполнении задания, предлагаемого в лабораторной работе. Комментарии сопровождаются скриншотами.
4. Выводы по результатам выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе. Текст отчета подготавливается в текстовом редакторе, согласно ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», и предоставляется в электронном и в распечатанном виде в одном экземпляре. К отчету прилагаются файлы, созданные в ходе выполнения задания, предлагаемого в лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит задача теории массового обслуживания?
2. Когда обслуживание в системе массового обслуживания с ожиданием может считаться упорядоченным?
3. Когда обслуживание в системе массового обслуживания с ожиданием может считаться обслуживанием с приоритетом?
4. Какие системы массового обслуживания с очередью можно отнести к СМО с ограниченным ожиданием?
5. Прокомментируйте понятие сети массового обслуживания.
6. Сформулируйте в общем виде задачу моделирования системы массового обслуживания с очередью.
7. Охарактеризуйте особенности использования среды Mathcad для анализа динамики СМО с очередью.
8. Охарактеризуйте особенности использования среды Mathcad для расчета основных характеристик СМО с очередью в установившемся режиме.

Список литературы

1. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: учебное пособие. - М.: КноРус, 2010.
2. Охорзин В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2009.