МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
_____ В.Р. Храмшин

13.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Направление подготовки (специальность)
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль/специализация) программы
Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Вычислительной техники и программирования
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 929)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования
25.01.2024 г , протокол № 5

Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
13.02.2024 г. протокол № 4

Председатель _____ В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры ВТиП, канд. техн. наук _____ Ю.В. Кочержинская

Рецензент:
Директор НИИ «Промбезопасность», канд. техн. наук _____ М.Ю. Наркевич

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Системный анализ» состоит в том, чтобы дать будущему специалисту умения и практические навыки для исследования объектов и процессов с использованием принципов диалектики, обоснованного принятия решения для комплексных задач в области пересечения интересов программирования, экономики и интересов социума. Ознакомить студентов с теоретическими основами и методами системного анализа, а также их использованием для решения научных и прикладных задач.

Для достижения поставленной цели в курсе решаются задачи:

- знать основы и принципы системного анализа;
- уметь анализировать системы с различных точек зрения;
- владеть основами научного исследования и многокритериальной оптимизации систем.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Системный анализ входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Введение в специальность

Информатика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Управление сложными системами

Проектирование программных средств

Методы управления знаниями

Проектная деятельность

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Системный анализ» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1 Способность анализировать требования к программному обеспечению и базам данных, разработки технических спецификаций на программные компоненты и их взаимодействие, проектировать программное обеспечение и базы данных	
ПК-1.1	Анализирует требования к разработке программного обеспечения и базам данных
ПК-1.2	Оценивает качество разработки технических спецификаций на программные компоненты и их взаимодействие
ПК-1.3	Оценивает качество проекта на разработку программного обеспечения и баз данных
ПК-2 Способность к анализу проблемной ситуации, разработке требований к системе, постановке целей создания системы, разработке концепции системы и технического задания на создание системы, представления концепции, технического задания на систему и изменений в них заинтересованным лицам	
ПК-2.1	Оценивает выбор средств и методов для проведения системного анализа при проектировании программного обеспечения для автоматизированных систем

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

– контактная работа – 34,95 акад. часов:

– аудиторная – 34 акад. часов;

– внеаудиторная – 0,95 акад. часов;

– самостоятельная работа – 37,05 акад. часов;

– в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основные понятия теории систем и системного анализа								
1.1 Введение в системный анализ. Облако системных наук. Системное мышление.	5	2			8	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронным учебником.	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос	ПК-2.1, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
1.2 Системность как объект исследования. Суть и назначение системного анализа как методологической основы анализа, синтеза и практики проектирования сложных систем. Системный подход к исследованию объекта. Принципы системного		4	4		8	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронным учебником, выполнение лабораторных работ	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. 3. Проверка лабораторных работ	ПК-2.1, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
1.3 Понятие элемента системы. Целостность и делимость. Структура системы. Структуризация и очертание границ изучаемой системы. Системный холон.		4	4		6	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронным учебником, выполнение лабораторных работ	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. 3. Проверка лабораторных работ	ПК-2.1, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
1.4 Понятие сложной системы. Типовые модели анализа и синтеза сложных систем. Система в операционном окружении. Системная инженерия.		2	6		4	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронным учебником	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.	ПК-2.1, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3

Итого по разделу		12	14		26			
2. Методы системного анализа								
2.1 Метод анализа иерархий (МАИ) и метод анализа сетей (МАС). Сущности, связи, виды обратных связей. Применение МАИ и МАС для анализа сложных систем.	5	4	2		6	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронным учебником, выполнение лабораторных работ	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. 3. Проверка лабораторных работ	ПК-2.1
2.2 Принятие коллегиальных и индивидуальных решений на основе методов системного анализа. Системный анализ как инструментарий системной инженерии.		1	1		5,05	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронным учебником, выполнение лабораторных работ	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос. 3. Проверка лабораторных работ	ПК-2.1
Итого по разделу		5	3		11,05			
Итого за семестр		17	17		37,05		зао	
Итого по дисциплине		17	17		37,05		зачет с оценкой	

5 Образовательные технологии

1. Традиционные образовательные технологии, ориентированные на организацию образовательного процесса и предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

3. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе личностно значимого для них образовательного результата.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция–провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-пресс-конференция.

4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении программных сред и технических средств работы с знаниями в различных предметных областях.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Антонов, А. В. Системный анализ : учебник / А.В. Антонов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 366 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011865-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1062325 (дата обращения: 22.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

2. Кориков, А. М. Теория систем и системный анализ : учебное пособие / А. М. Кориков, С. Н. Павлов. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 288 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/904. - ISBN 978-5-16-019357-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/2111332 (дата обращения: 22.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Граецкая, О. В. Информационные технологии поддержки принятия решений : учебное пособие / О. В. Граецкая, Ю. С. Чусова ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. - 130 с. - ISBN 978-5-9275-3123-3. - Текст : электронный. - URL:

https://znanium.com/catalog/product/1088115 (дата обращения: 22.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

2. Ловцов, Д. А. Системный анализ: теоретические основы. Часть 1 : учебное пособие / Д. А. Ловцов. - Москва : РГУП, 2018. - 224 с. - ISBN 978-5-93916-701-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1195527 (дата обращения: 22.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

Методические указания находятся в Приложении 1

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Anaconda Python	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
MS Visual Studio 2017 Community Edition	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Лекционная аудитория ауд. 282. Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

2. Компьютерные классы Центра информационных технологий ФГБОУ ВО «МГТУ». Персональные компьютеры, объединенные в локальные сети с выходом в Internet, оснащенные современными программно-методическими комплексами для решения задач в области информатики и вычислительной техники.

3. Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки. Все классы УИТ и АСУ с персональными компьютерами, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Аудиторий для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Ауд. 282 и классы УИТ и АСУ.

5. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и наличием доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. Классы УИТ и АСУ.

6. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Центр информационных технологий – ауд. 372

Приложение 1
Учебно-методическое обеспечение дисциплины(модуля)

Лабораторная работа № 1
Определение системы и её границ. Структура и свойства системы

Цель работы

Ознакомиться с содержанием понятия «система», научиться определять её границы, структуру, вид, свойства.

Информация

Система (от др.-греч. – целое, составленное из частей) – связанная совокупность элементов, существование которой подчинено определенной цели.

Внешнему наблюдателю система обычно представляется в виде некоторого «черного ящика», получающего некоторые сигналы из внешней среды и транслирующее затем в неё определенную долю результатов своей деятельности. Графически это можно представить следующим образом (рис. 1).



Рисунок 1. Представление системы как «черного ящика»

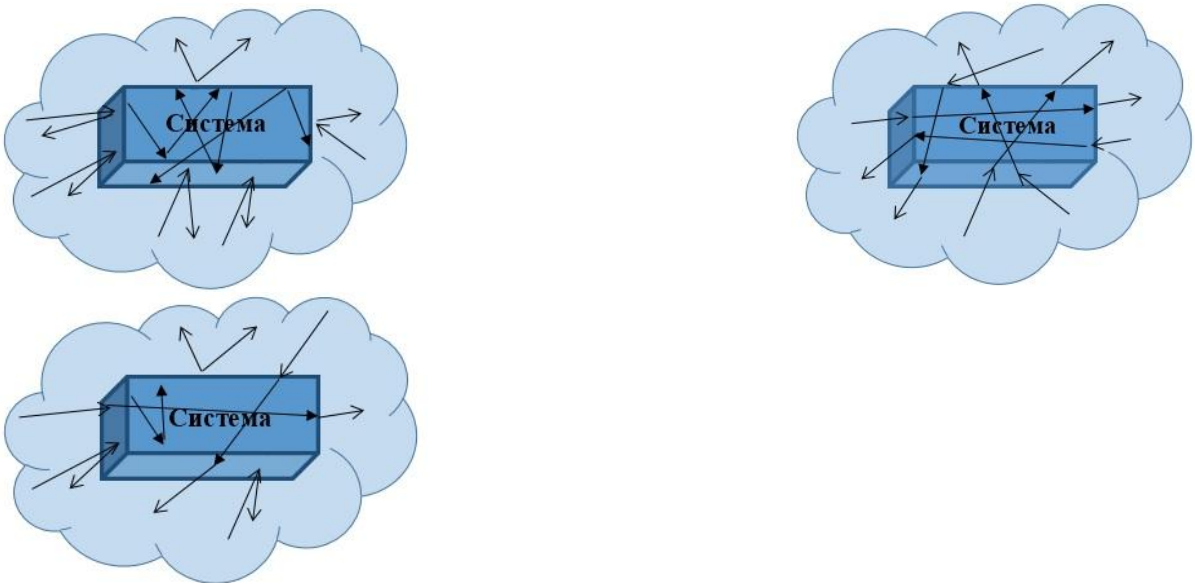
Каждая система должна иметь определенные границы. Это предположение создает возможность в рамках иерархии систем рассматривать какую-либо конкретную систему.

Границы системы необходимы и для того, чтобы определить, какие компоненты можно считать находящимися под контролем лица, принимающего решение, а. какие остаются вне его внимания. Если составить перечень всех компонентов, из которых должна состоять система, и установить для них ограничения, то все, что находится внутри ограниченного пространства, будет относиться к системе, а все, что находится за его пределами, – к окружающей среде. Потоки, идущие от окружающей среды внутрь системы, являются входными потоками, а потоки, выходящие из ограниченного пространства во внешнюю среду, – выходными данными системы.

Система называется замкнутой, если элементы данной системы не связаны с какими бы, то ни было внешними по отношению к ней объектами (рис. 2, а).

Система называется открытой, если через её границы может происходить беспрепятственный обмен веществом, информацией и/или энергией с внешней средой (рис. 2, б).

Система называется частично открытой или частично закрытой, если через её границы проходят только определённые виды вещества, информации и/или энергии (рис.2, в).



а б в

Рисунок 2. Закрытая, открытая и частично открытая/закрытая системы

Понятно, что абсолютно открытых и закрытых систем в жизни не существует. Всегда присутствует некоторый обмен системы со средой, даже если система является закрытой и даже абсолютно открытая система по различным причинам оказывается ограничена от каких-то видов обмена. Поэтому открытость и закрытость системы принято определять с учётом точки зрения исследователя системы. Обычно, то, насколько система считается открытой или закрытой, оговаривается на самых первых этапах её изучения.

Структурой системы называется её разделение на отдельные части, называемые элементами, с указанием связей между ними. Обязательным условием на всё время изучения системы является статичность и неизменность элементного состава рассматриваемой системы. Разделение, в зависимости от выбранной точки зрения, может иметь вещественную, функциональную, алгоритмическую или любую другую основу. Совокупность всех связей элементов системы и образует ее структуру. [1]

Группа элементов в структуре, объединённая по некоторому общему признаку, называется подсистемой. Обычно связь между элементами подсистемы более сильна, чем с другими элементами той же системы.

Под функционированием системы подразумевают процессы, которые происходят в системе, затрагивающие непосредственно саму систему (один или несколько элементов в каждый момент времени), а также окружающую её среду.

Элемент – минимальная, не поддающаяся дальнейшему делению с данной точки зрения, часть системы, обладающая определенной целостностью и самостоятельностью по отношению к данной системе, состояние и функциональные особенности которой могут быть измерены или описаны в терминах известного языка. Элемент обычно обозначается некоторым знаком, называемым переменной. При изучении системы состояние элемента может изменяться в зависимости от различных факторов, то есть переменные принимают некоторые значения из определенного для них множества допустимых значений.

Параметр – оперативно выраженный элемент исследования системы, служащий формой локализации информации о свойствах и признаках этой системы. Параметрами системы называют те переменные, значения которых принимаются неизменными при решении данной задачи.

Изучить систему – значит определить элементы системы, выразить их переменные, найти значения переменных, выделить параметры. Любая система изучается с какой-то определённой точки зрения.

Точка зрения – жизненная позиция, с которой субъект (исследователь) оценивает происходящие вокруг него события, на основании которой он строит свои мнения, высказывает суждения.

Факт наличия взаимоотношений любого рода между частями рассматриваемой совокупности, зависимость свойств одного элемента от свойств других элементов, называется связью. [1,2]

Установить связь между элементами – значит выявить наличие зависимостей их свойств. Двусторонняя зависимость свойств одного элемента от свойств других элементов называется взаимосвязью.

Взаимодействие – это совокупность взаимосвязей и взаимоотношений между свойствами элементов, когда они приобретают характер взаимосодействия друг другу.

Общесистемные закономерности

Закономерностью называют часто наблюдаемое, типичное свойство (связь или зависимость), присущее объектам и процессам, которое устанавливается опытом. [3]

Общесистемные закономерности – это закономерности, характеризующие принципиальные особенности построения, функционирования и развития сложных систем. Эти закономерности присущи любым системам, будь то экономическая, биологическая, общественная, техническая или другая система.

Целостность – комплекс объектов представляет собой некоторое единство, обладающее общими свойствами и поведением, относительной независимостью от среды и других систем. Изменение любого компонента системы оказывает воздействие на все другие её компоненты и приводит к изменению системы в целом; а любое изменение системы отзывается на всех её компонентах; то есть означает преобразование компонентов, входящих в систему.

Делимость – объект рассматривается в качестве состоящего из элементов.

Функциональность – создание системы обусловлено объективной необходимостью, она существует для выполнения определенной функции в среде.

Изолированность – комплекс объектов, образующих систему, и связи между ними можно отграничить от их окружения и рассматривать отдельно. Относительность изолированности – учитывается воздействие наблюдателя и среды на объект и его обратное воздействие через элементы, являющиеся входами и выходами.

Наблюдаемость – все без исключения входы и выходы системы либо контролируемы исследователем-наблюдателем, либо, по крайней мере, наблюдаемы.

Неопределенность – невозможность одновременно фиксировать все свойства и отношения элементов системы.

Идентифицируемость – каждая составная часть системы (элемент) может быть отделена от других составляющих и отождествлена, опознана.

Дискретность (автономия элементов) – каждый элемент системы обладает собственным поведением и состоянием, отличным от поведения и состояния других элементов и системы в целом. [1]

Наличие связей – компоненты системы существуют не независимо, а имеют друг с другом определенные связи.

Организованность – элементы (части) системы взаимосвязаны и взаимодействуют определенным образом, организованы в пространстве и времени.

Структурность – относительно устойчивый, изменяющийся в пространстве и времени способ внутренних связей и отношений системы, который определяет ее функциональную деятельность.

Упорядоченность – наличие некоторых критериев, на основании которых части системы соотносятся друг с другом для их взаиморасположения в структуре.

Отображаемость – язык наблюдателя имеет достаточно общих элементов с естественным языком исследуемого объекта, чтобы найти соответствие и отобразить все свойства и отношения, которые нужны для решения задачи.

Множественность, сложность системы – возможность и сложность изображения исследуемой системы в виде вербальной, математической или иной модели.

Нетождественность отображения – знаковая система наблюдателя отлична от знаковой системы проявления свойств объекта и их отношений, следовательно, система

отображается с помощью перекодирования в новую знаковую систему. При этом неизбежна потеря информации.

Иерархичность – система рассматривается как элемент системы более высокого порядка, а каждый ее элемент – как система. Наличие в системе нескольких уровней, подчиненных по нисходящей, со своими зонами ответственности, ресурсами, локальными целями. Это упорядоченность по степени подчиненности.

Эмерджентность, интегративность – принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов. Система обладает свойствами, отсутствующими у ее элементов. [1]

Качественные же и количественные описания особенностей, присущих тем или иным типам систем, следует отнести в отдельную группу и назвать характеристиками систем. Характеристики отдельных видов систем являются продолжением, развитием их общесистемных свойств.

Задание

Выберите систему. Опишите, с какой именно точки зрения вы будете её анализировать. Определитесь, какими свойствами обладает ваша система. Аккуратно выполните описания границ системы, окружающей систему среды и конкретизируйте общесистемные свойства. Схематически изобразите какими значимыми с точки зрения исследователя системы видами вещества, энергии и информации система обменивается с окружающей средой.

Результат представьте в виде отчета.

Контрольные вопросы

1. Что такое система?
2. Какие бывают системы?
3. Какие свойства характерны для систем?
4. Из чего состоит система?
5. Что означает выражение «изучить систему»?
6. Что такое функционирование системы?
7. Какие свойства системы определяются её элементным составом?
8. Каким образом производится определение элементного состава системы?
9. Что такое связь между элементами системы?
10. Что определяет наличие связи между элементами системы?

Лабораторная работа № 2
Элементы системы и связь между ними. Классификация элементов и визуализация структуры системы

Цель работы

Ознакомиться с понятиями элементов системы, видами и способами связей между ними. Изучить методы графического представления внутренней структуры системы.

Информация

Любая система поддаётся описанию. Существует три основных вида описания системы: морфологическое, функциональное, информационное.

Информационное описание дает представление об обмене информацией между частями системы, системой и внешней средой. Описание позволяет судить об информационной упорядоченности системы. При этом обычно определяют меру хаотичности или упорядоченности системы и её информационный метаболизм (обмен информации со средой).

Функциональное описание системы отражает ее параметры, происходящие процессы и иерархию системы. Оно дает возможность ответить на вопрос, для чего предназначена система. В более широком смысле функциональное описание позволяет оценить значимость системы в ее конкретной функции и воздействие на внешнюю среду (связи с другими системами). При этом функция системы выполняется, если параметры

системы и процессы ограничены пределами, вне которых система разрушается либо радикально меняет свои свойства.

Морфологическое описание дает ответ на вопрос о том, из каких элементов состоит система. Оно определяет глубину описания (выбор элемента, внутрь которого описание не проникает), композиционные свойства (способ объединения элементов в систему) и эффективность выполнения функции, на которую влияют искажения и непредусмотренные потери информации. [5]

Морфологические свойства системы существенно зависят от характера связей между элементами. Понятие связи входит в любое определение системы. Оно одновременно характеризует и строение (статику) и функционирование (динамику) системы. Связи обеспечивают возникновение и сохранение структуры и свойств системы. Выделяют информационные, вещественные и энергетические связи, определяя их в том же смысле, в каком были определены элементы.

Характер связи определяется удельным весом соответствующего компонента (или целевой функцией).

Связь характеризуется:

- направлением,
- силой,
- видом.

По первым двум признакам связи делят на направленные и ненаправленные, сильные и слабые, а по виду – подчинения, порождения (генетические), равноправные и связи управления.

Некоторые из этих связей можно раздробить еще более детально. Например, связи подчинения на связи «род-вид», «часть-целое»; связи порождения – «причина-следствие». Их можно разделить также по месту приложения (внутренние – внешние), по направленности процессов (прямые, обратные, нейтральные).

Прямые связи предназначены для передачи вещества, энергии, информации или их комбинаций от одного элемента другому в соответствии с последовательностью выполняемых функций.

Очень важную роль играют обратные связи – они являются основной саморегулирования и развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования. Они в основном служат для управления процессами и наиболее распространены информационные обратные связи.

Нейтральные связи не относятся к функциональной деятельности системы, непредсказуемы и случайны. Однако нейтральные связи могут сыграть определенную роль при адаптации системы, служить исходным ресурсом для формирования прямых и обратных связей, являться резервом.

Качество связи определяется ее пропускной способностью и надежностью.

Морфологическое описание может включать указания на наличие и вид связи, содержать общую характеристику связи либо их качественные и количественные оценки.

Таким образом, морфологическое описание отражает состав системы и связи между ее элементами, позволяет построить иерархическую структуру системы. [5]

Внутреннее устройство системы представляет собой единство состава, организации и структуры системы. Состав системы сводится к полному перечню ее элементов, т.е. это совокупность всех элементов, из которых состоит система. Состав характеризует богатство, многообразие системы, ее сложность. Природа системы во многом зависит от ее состава, изменение которого приводит к изменению свойств системы. Например, меняя состав стали при добавке в нее компонента, можно получить сталь с заданными свойствами. Состав как определенный набор частей, компонентов элементов составляет субстанцию системы, он является необходимой характеристикой системы, но не достаточной. Системы, имеющие одинаковый состав, нередко обладают разными свойствами, поскольку элементы систем: во-первых, имеют различную внутреннюю организацию, а во-вторых, по-разному взаимосвязаны. Поэтому вводят ещё две дополнительные характеристики: организация системы и структура системы.

Структурные представления являются средством исследования систем. Одну и ту же систему можно представить различными структурами, необходимый выбор которых обусловлен содержанием исследований, проводимых на данном этапе. Принятый способ описания структур – графическое изображение. Рассмотрим основные способы представления структур.

Сетевые структуры представляют отображение взаимосвязи объектов между собой. Их применяют для представления организационных структур, для изображения структурных схем систем, для представления информационного обеспечения и т. д. С помощью сетевых структур отображаются пространственные взаимосвязи между элементами, как правило, одного иерархического уровня. [6]

Различают следующие виды сетевых структур:

Линейные структуры со строго упорядоченным взаимоотношением элементов «один к одному» (рис. 3а).

Кольцевая структура (циклическая) имеет замкнутые контуры в соответствующих графах. С помощью циклических структур изображаются схемы циркуляции информации в системах (рис. 3б).

Древовидная структура представляет собой объединение многих линейных подструктур (рис. 3в).

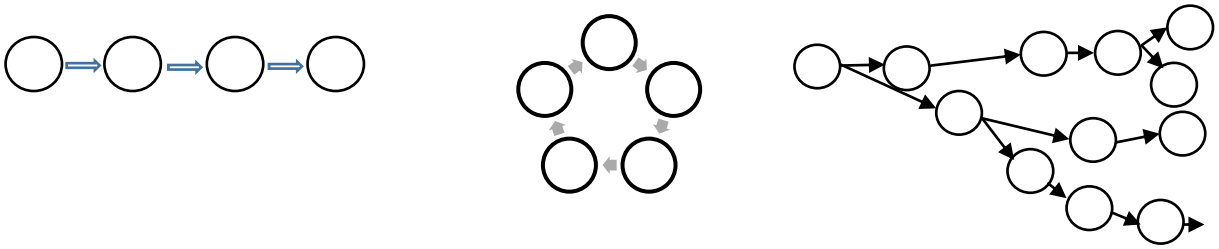


Рисунок 3. Виды сетевых структур

Обобщенная сетевая структура характеризуется многочисленными межэлементными связями (рис.4).

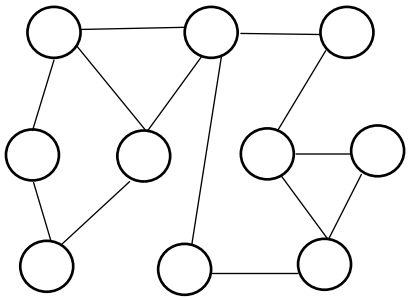


Рисунок 4. Обобщённая сетевая структура

Иерархические структуры представляют собой декомпозицию системы в пространстве. Применяются, прежде всего, для описания подчиненности элементов в структурах управления. Термин «иерархия» означает соподчиненность, порядок подчинения низших по должности лиц высшим. В иерархических структурах важно лишь выделение уровней соподчиненности, а между уровнями и между компонентами в пределах уровня, в принципе, могут быть любые взаимоотношения (рис. 5).

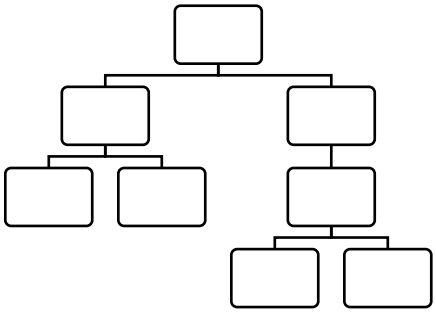


Рисунок 5. Иерархическая структура

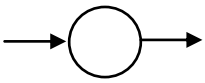
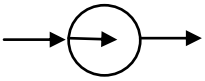
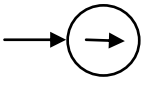
Элементы представляют собой кирпичики, из которых строится система. Они существенно влияют на свойства системы, в значительной степени определяют ее природу. Но свойства системы не сводятся к свойствам элементов.

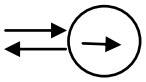
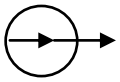
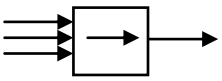
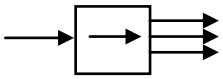
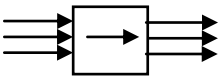
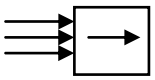
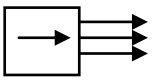
Как мы уже знаем, элемент – это далее не разложимая единица при данном способе расчленения, входящая в состав системы. Наличие связей между элементами ведет к появлению в целостной системе новых свойств (эмерджентность), не присущих элементам в отдельности. В силу этого подмножества элементов системы могут рассматриваться как подсистемы. Элементарность очень тесно связана с принципом неисчерпаемости материи – одним из фундаментальных принципов мироустройства. Для элементов системы характерны некоторые свойства.

Свойство – это вхождение вещи, элемента в некоторый класс вещей, когда не образуется новый предмет; характеристика, присущая вещам и явлениям, позволяющая отличать или отождествлять их. Все элементы обладают двумя видами свойств: первое – это элементальность при данном способе расчленения; второе, точнее группа свойств, – это свойства природы элементов. Речь идет о том, что для химических элементов свойственны валентность, атомные веса, для живых организмов – место в иерархии видов, активность, для человека – система ролей, статусов, ценностей, интересов и т.п. Многое в системе зависит от типов элементов. Поэтому в теории систем значительную методологическую роль играет построение классификации элементов.

Один из примеров такой классификации (автор – В. А. Карташов, [14]) представлен в таблице 1:

Таблица 1. – Классификация элементов по реакции на возмущение

Название	**Характеристика**	**Изображение**
Упругий	Однозначно передаёт входное воздействие на выход (является повторителем)	
Рефлексивный	Осуществляет внутреннее преобразование входа в выход по какому-либо алгоритму	
Потребитель	Воспринимает входное воздействие без образования выходного («чёрная дыра»)	

Название	Характеристика	Изображение
Отторгатель	Не воспринимает входное воздействие (отклоняет его)	
Источник	Генерирует выходное воздействие в отсутствие входного («фантом»)	
Полирецепторный	Рефлексивный элемент с несколькими входами и одним выходом	
Полиэффекторный	Рефлексивный элемент с одним входом и несколькими выходами	
Полиэлемент	Рефлексивный элемент с несколькими входами и несколькими выходами	
Полипотребитель	Потребитель, воспринимающий воздействия по нескольким входам	
Полиисточник	Источник, генерирующий несколько входных воздействий	

По мнению другого системного исследователя, Ю.П. Сурмина [8], элементы системы могут быть классифицированы по более многообразным основаниям: по степени родства – гомогенный и гетерогенный; по степени самостоятельности – программный, адаптивный, инициативный; по времени существования - постоянный, временный; по роли в системе – основной, неосновной; по активности в системе – активный, пассивный; по характеру воздействия на систему: определенные или предсказуемые и неопределенные или непредсказуемые; по характеру (таблица 2).

Таблица 2. –Классификация элементов по различным основаниям

Основание классификации	Элемент	
	Тип	Характеристика
Степень	Программ	Действует по

Основание классификации	Элемент	
	Тип	Характеристика
самостоятельности элемента	ный	жесткой программе
	Адаптивный	Обладает способностью приспособления
	Инициативный	Обладает способностью изменять действительность
Длительность существования	Постоянный	Отличается относительно длительным временем существования
	Временный	Существующий временно
Временная принадлежность	Прошлого (атавизм)	Остался от прошлых этапов жизни системы
	Настоящего	Характерен для настоящего времени существования системы
	Будущего	Свойственен для будущего данной системы (инновационный элемент)
Роль в системе	Основной	Играет главную роль в системе
	Неосновной	Играет второстепенную роль в системе
Активность в системе	Активный	Воздействует на процессы системы
	Пассивный	Слабо воздействует на процессы системы
Характер воздействия на систему	Определённый или предсказуемый	Оказывает вполне определённое воздействие на систему
	Неопределённый или непредсказуемый	Оказывает непредсказуемые воздействия на систему

Задание

Выбрать систему и провести изучение её структуры. Сделать краткое информационное и функциональное описание системы. Выполнить подробное морфологическое исследование системы, используя предложенные классификации элементного состава (Карташова и Сурмина).

Контрольные вопросы

1. Каким образом могут быть описаны системы?
2. В чём суть морфологического описания системы?
3. В чём суть информационного описания системы?
4. В чём суть функционального описания системы?
5. Что такое элемент системы?

6. Что такое свойство элемента системы?
7. Какие свойства системы определяются её элементным составом?
8. Как производится определение элементного состава системы?
9. Что такое связь между элементами системы?
10. Что определяет наличие связи между элементами системы?

Лабораторная работа № 3
Определение цели и задач существования системы. Построение дерева целей и дерева проблем

Цель работы

Научиться определять цели и задачи существования системы. Освоить графический метод построения дерева целей и проблем.

Информация

Цель системы – образ желаемого будущего состояния или поведения системы. Для не целеустремленных систем цель может быть сформулирована только надсистемой, т. е. системой более высокого уровня, а для целеустремленных систем в формулировании и установлении цели могут принимать участие отдельные (управляющие) подсистемы и элементы.

Существует несколько критериев, которым должна отвечать правильно сформулированная цель, обычно их аббревиатуру SMART:

- конкретная (Specific);
- измеримая (Measurable);
- достижимая (Achievable);
- реалистичная (Realistik);
- ограниченная по времени (Timed).

При этом нужно понимать, что для некоторых систем, связанных с изучением космоса или микросред, приведённые критерии будут иметь также весьма приблизительный характер.

Система в реальной среде не может существовать без проблем. По сути, проблемы определяют развитие системы на протяжении её жизненного цикла. Отдельные проблемы способны к кооперации, что может привести систему к состоянию кризиса. [1,9]

Кризис – состояние, в котором параметры системы принимают пороговые, критические значения. В этом состоянии степень организованности системы резко снижается и вероятность возвращения к прежнему стабильному состоянию невелика. Существуют три варианта разрешения кризиса системы:

1) распад или гибель системы, при этом ее элементы захватываются другими системами;
2) реформа - постепенная перестройка ядра, генотипа системы, ведущая к появлению качественно новой системы;
3) революция - резкое, скачкообразное изменение ядра системы, катастрофический переход из одного состояния в другое.

Состояние кризиса обычно довольно разрушительно для системы, так как даже при самом благоприятном развитии событий, для выхода из него системе приходится избыточно расходовать имеющиеся в её распоряжении ресурсы. Поэтому при изучении системы большое внимание уделяется диагностированию проблем и изучению вероятных способов их устранения.

Диагностика проблем – это анализ основных причинно-следственных связей конкретной ситуации. Существует два способа рассмотрения проблемы: во-первых, проблемой считается ситуация, когда поставленные цели не достигнуты; во-вторых, проблемой считают ситуацию потенциальной возможности (что-то должно было произойти, но не произошло). При этом под ситуацией понимается реальное положение дел относительно поставленной цели.

Диагноз проблемы – сложный процесс, который выполняется в несколько этапов.

1. Осознание и установление симптомов затруднений или имеющихся возможностей. При этом под симптомом понимается степень проявления проблемы и ее последствий.

2. Сбор, анализ внешней (относительно системы) и внутренней информации.
3. Выделение релевантной информации. Это выделение данных, относящихся к существующей проблеме, цели, периоду времени и т.д.
4. Выявление причин возникновения проблемы, анализ основной причины.
5. Описание проблемы на доступном языке, отвечающие на вопросы кто, что, когда, где, почему, каким образом, сколько.
6. Анализ проблемы. Результатом данного этапа диагностики является выяснение типа проблемы. Питер Друкер выделяет четыре типа проблем:
   1) типичные;
   2) типичные по сути, но уникальные для данной системы;
   3) уникальные;
   4) новые типичные.

Типичные проблемы решаются с помощью запрограммированных решений, т.е. с использованием уже известных правил или принципов к конкретной ситуации. Уникальные проблемы нуждаются в принятии незапрограммированных решений. [9]

Основные методы анализа проблем – графические. Построение: дерево проблем, дерево целей и задач, дерево решений, профиль причин и структурная диаграмма Исикава «рыбий скелет».

Основой для построения вершины дерева целей становится набор стратегических целей системы. Стратегически значимые цели – это чаще всего долгосрочные цели, которые определяют направления стратегического развития системы, долгосрочные цели, связанные с поддержанием функционирования системы.

Достижение стратегических целей обеспечивается достижением как операционных (каждодневных) целей, так и проектных (одноразовых, уникальных) целей.

Цели необходимо тщательно классифицировать и соответствующим образом структурировать в рамках диаграмм - таким образом, чтобы они становились максимально чёткими и понятными исследователя.

В 1953 г. профессор Токийского университета Каору Исикава, обсуждая проблему качества на одном заводе, суммировал мнение инженеров в форме диаграммы причин и результатов. Со временем диаграмму начали использовать на практике, и оказалась весьма полезной и в итоге получила широкое распространение во многих компаниях Японии. В дальнейшем включена в японский промышленный стандарт (JIS) на терминологию в области контроля качества и определяется в нем следующим образом: диаграмма причин и результатов – диаграмма, которая показывает отношение между показателем качества и воздействующими на него факторами. [9,10]

Диаграмма Исикава (причинно-следственная диаграмма) – инструмент качества, служащий для наглядного представления причинно-следственных связей между объектом анализа и влияющими на него факторами, обеспечивающий системный подход к определению фактических причин возникновения проблем. Также Диаграмма Исикава используется для первоначального ранжирования (определения значимости и силы влияния) факторов, воздействующих на исследуемый объект и выбора приоритетов для устранения проблемы или улучшения показателя.

Конечной целью использования метода «Диаграмма Исикава» является:

- выявление всевозможных факторов, влияющих на объект анализа;
- визуализация причинно-следственных связей;
- распределение приоритетов для анализа и решения поставленной задачи на основе определения относительной значимости факторов, и их ранжирования.

«**Мозговой штурм**» (англ. brainstorming) – один из наиболее популярных методов стимулирования творческой активности. Позволяет выявить причины и помогает найти решение сложных проблем путем применения специальных правил обсуждения. Метод мозгового штурма был создан в 1941 году Алексом Осборном – сотрудником американского рекламного агентства суперпрофессионалов «BBD&O».

Рекомендации для проведения мозгового штурма перед построением диаграммы Исикава:

1) определяем проблему, требующую решения главный критерий качества этого шага – ясность формулировки и однозначность трактовки проблемы;
2) начинаем предварительный этап обсуждения, когда собираются все заинтересованные участники команды, распределяем, кто из них какую роль будет исполнять при обсуждении (ведущий/куратор, помощник, генераторы идей, наблюдатели и т.д.), рекомендуемый размер группы – 5-9 человек;
3) следующий шаг – этап генерации идей; во время работы все участники должны видеть прежде всего сформулированную проблему, а не друг друга; задача ведущего – не допускать никакой критики или дискуссий во время генерирования идей, негативных высказываний в пользу уже высказанных потенциальных решений;
4) помощник должен фиксировать все выдвинутые идеи;
5) должна поддерживаться атмосфера командной работы в развитии уже высказанных членами команды мыслей;
6) нет никаких ограничений на реалистичность высказываемых идей, приветствуются любые, даже самые абсурдные идеи, ни одна идея во время этапа «генерации» не отвергается;
7) приветствуется как возможно большее количество выдвигаемых идей; чем больше идей будет предложено, тем выше шансы, что среди них или их комбинаций окажется идея успешного решения проблемы;
8) членов команды следует психологически поощрять для раскрытия творческого потенциала;
9) лицам руководящего состава, входящим в команду, не рекомендуется высказываться первыми, аналогично и человек с самой старшей должностью в команде не должен быть ведущим/куратором штурма;
10) заключительный шаг - обсуждение идей, для того чтобы отобрать лучшие. Все зафиксированные идеи необходимо проанализировать, учитывая очевидные ограничения, например, такие как время, человеческие ресурсы, стоимость реализации. [10]

Правила построения диаграммы Исикава

1. Прежде чем приступать к построению диаграммы, все участники должны прийти к единому мнению относительно формулировки проблемы.
2. Изучаемая проблема записывается с правой стороны в середине чистого листа бумаги и заключается в рамку, к которой слева подходит основная горизонтальная стрелка – «хребет» (диаграмму Исикава из-за внешнего вида часто называют «рыбьим скелетом»).
3. Наносятся главные причины (факторы 1 порядка), влияющие на проблему, - «большие кости». Они заключаются в рамки и соединяются наклонными стрелками с «хребтом».
4. Далее наносятся вторичные причины (факторы 2 порядка), которые влияют на главные причины («большие кости»), а те, в свою очередь, являются следствием вторичных причин. Вторичные причины записываются и располагаются в виде «средних костей», примыкающих к «большим». Факторы 3 порядка, которые влияют на причины уровня 2, располагаются в виде «мелких костей», примыкающих к «средним», и т. д. (Если на диаграмме приведены не все причины, то одна стрелка оставляется пустой).
5. При анализе должны выявляться и фиксироваться все факторы, даже те, которые кажутся незначительными, так как цель диаграммы - отыскать наиболее верный путь и эффективный способ решения проблемы.
6. Причины (факторы) оцениваются и ранжируются по их значимости, выделяя особо важные, которые предположительно оказывают наибольшее влияние на показатель качества.
7. В диаграмму вносится вся необходимая информация: ее название, наименование изделия, имена участников, дата и т. д.

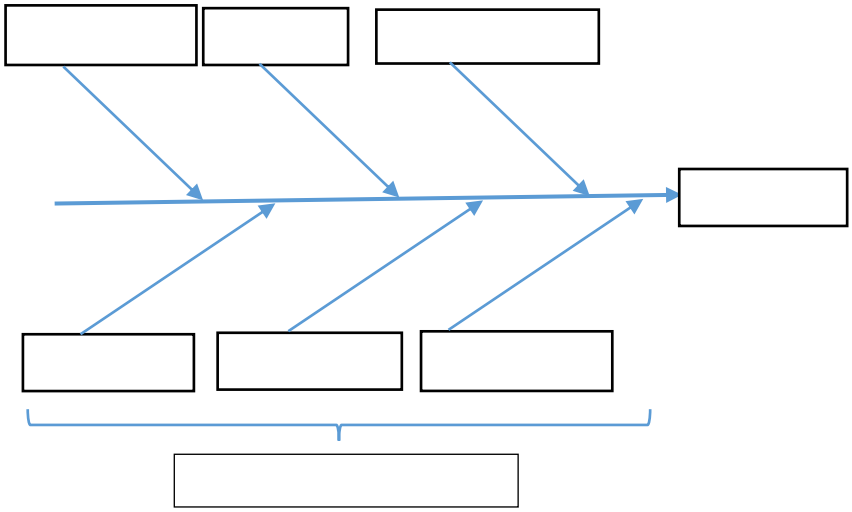


Рисунок 6. Шаблон диаграммы Исикава

- Человек (Man) − причины, связанные с человеческим фактором; все, кто вовлечён в процесс.
- Машины, оборудование (Machines) − причины, связанные с оборудованием; Оборудование: компьютеры и инструменты, необходимые для выполнения работы.
- Материалы (Materials) − причины, связанные с материалами; сырьё, комплектующие, канцтовары, словом всё, что нужно для производства конечного продукта.
- Методы, технология (Methods) − причины, связанные с технологией работы, с организацией процессов; правила и процедуры, законы.
- Измерения (Measurements) − причины, связанные с методами измерения. Данные, получаемые в ходе выполнения работы, которые используются для оценки качества.
- Окружение: данные, получаемые в ходе выполнения работы, которые используются для оценки качества.



Рисунок 7. Пример диаграммы Исикава

Задание

Для выбранной системы, используя метод «мозгового штурма» определите наиболее значимые проблемы (2-3), препятствующие достижению системой заявленной цели, а затем оформите эти проблемы, с учётом вызывающих их причин, в виде диаграммы Исикава.

Алгоритм построения:

Шаг 1: Определите объект анализа. Напишите его на чистом листе бумаги.

Шаг 2: Заключите его графически в прямоугольник. Слева направо проведите прямую линию («хребет»). Далее напишите главные факторы, которые влияют на показатель качества, заключите их в прямоугольники и соедините с «хребтом» стрелками (в виде) «больших костей хребта».

Шаг 3: Напишите причины (вторичные), влияющие на главные причины («большие кости»), и расположите их в виде «средних костей», примыкающих к «большим». Напишите причины третичного порядка, которые влияют на вторичные причины, и расположите их в виде "мелких костей", примыкающих к «средним».

Шаг 4: Проранжируйте факторы по их значимости и выделите особо важные, которые предположительно оказывают наибольшее влияние на показатель качества.

Шаг 5: Запишите всю необходимую информацию.

Примечание: в качестве таковой можно выбрать, например, экономическую систему какой-либо страны, производство какого-либо изделия на промышленном предприятии и т.д. Обсудите на практическом занятии, какую проблему она содержит. Определите её границы, цель существования и задачи, которые она выполняет. Постройте диаграмму Исикава для данной системы.

Контрольные вопросы:

1. Что такое цель существования системы?
2. Каковы свойства цели?
3. Как формулируются цель и задачи существования системы?
4. Как определить цель существования системы?
5. Для чего нужно диагностировать проблемы, возникающие в системе?
6. Как связаны цели и задачи существования системы?
7. Что такое дерево целей и задач системы?
8. В чём суть метода «мозгового штурма»?
9. Каков алгоритм проведения «мозгового штурма»?
10. По каким категориям распределяются причины возникновения проблем при построении диаграммы Исикава?

Лабораторная работа № 4
Моделирование систем. Анализ истинности, сходства, динамики моделей объекта и процесса

Цель работы

Ознакомиться на практике со значением понятия «модель», изучить такие свойства моделей, как конечность, упрощённость, приближённость. Научиться оценивать адекватность моделей.

Информация

Понятия «модель» и «моделирование» в повседневной жизни сопровождают нас повсюду: в магазине игрушек мы видим модель автомобиля, с витрин модных магазинов на нас смотрят модели человека – манекены, в ателье мы объясняем, что хотели бы сшить, приводя в пример фото понравившегося предмета одежды или его рисунок, пытаясь подготовиться к последствиям мы рисуем в воображении возможные модели последствий того или иного реального шага и т.д. (рис. 8).



Рисунок 8. Примеры моделей и их реального воплощения

Исторически первоначально моделью называли некое вспомогательное устройство или объект, который в определенной ситуации заменял другой объект. Это определение носило очень «узкий» характер, поэтому понятие «модель» относилось только к материальным объектам специального типа: например, манекен - модель человеческого тела, чучело - модель тела животного или птицы, актер - модель персонажа пьесы и т. п. Дальнейшее осмысление основных особенностей материальных моделей привело к более глубокому определению.[2]

Моделью называется некий объект-заменитель, который в определенных условиях может заменить объект-оригинал, воспроизводя интересующие нас свойства и характеристики оригинала, при этом имея существенные преимущества перед ним или удобство для исследования (наглядность, доступность испытаний, легкость оперирования и пр.).

Затем были осознанны модельные свойства чертежей, рисунков, схем, карт, т.е. реальных объектов искусственного происхождения, воплощающих некоторую абстракцию. Реальные процессы движения ракеты или летательного аппарата могут быть записаны с помощью набора уравнений, формул, таблиц и цифр (рис. 9). В результате деятельности ряда физиков, математиков, философов и логиков была создана теория моделей.

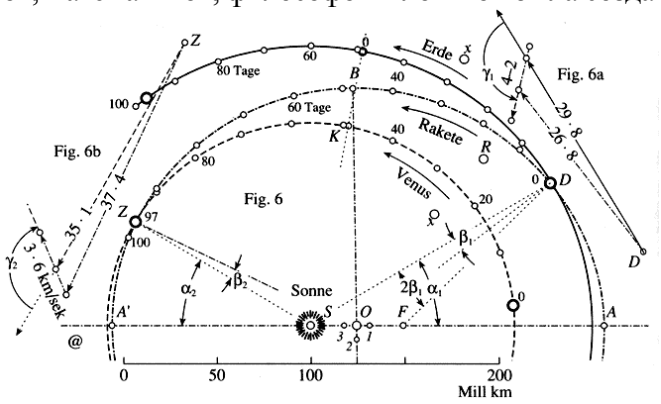


Рисунок 9. График из статьи Гвидо фон Пирке с расчетами траекторий полетов к Венере, 1933 г.

Модель всегда повторяет оригинал с определёнными допущениями. Обычно эти допущения и являются тем, что отличает модель от воспроизводимого ею оригинального объекта.

Рассмотрим главные различия между моделью и действительностью: конечность, упрощенность и приближенность. [2]

Конечность моделей. Мир, частью которого мы являемся, бесконечен, как и бесконечен любой объект не только в пространстве и времени, но и в своих связях с другими объектами. Так, например, физическая «теория суперструн» выдвигает гипотезу, что измерений, в которых существует наша Вселенная не привычных 3 или 4 (трехмерное пространство и время – именно на этом основывается известная «теория относительности»), а целых 11 (10 пространственных и время)! Человечество в целом и отдельный человек также бесконечны, так как являются частью бесконечного пространства, включены в непрерывные взаимодействия на уровне физики, экосистем, социальные и иные среды.

Однако, если иметь в виду не любые наши качества, а лишь те, которые отличают нас от других объектов, в том числе и живых (к таким качествам относятся: мышление и труд), то, к сожалению, здесь возможности природы ограничены, конечны. Исследования говорят, что ограничены и наши собственные ресурсы, и возможности – число нервных клеток мозга, число действий, которые мы должны выполнить в единицу времени, время, которое мы можем затратить на решение какой-либо задачи – оно не может превосходить время нашей сознательной жизни. Ограничены и внешние ресурсы (человеческие, материальные, временные, природные и др.), которые мы можем вовлечь в конкретный процесс практической или теоретической деятельности.

Возникает противоречие: необходимо познавать бесконечный мир конечными средствами. Способ преодоления этого противоречия состоит в построении моделей. Н. Винер (о нём вы можете прочитать в конце этой практической работы) отмечает в своих работах: «Частные модели, при всем их несовершенстве, – это единственное средство, выработанное наукой для понимания мира. Из этого положения не вытекает пораженческой установки. В нем признается только то, что главное орудие науки – человеческий разум, а этот разум – конечен».

Но если конечность абстрактной модели бесспорна (она сразу наделяется строго фиксированным числом свойств, например, карта дорог), то материальные модели – это ведь некоторые вещественные объекты, а как всякие объекты, они бесконечны. Например, актер – некоторая материальная модель персонажа спектакля, однако актер в театре более многообразен, чем при исполнении роли. Конечность модели в этом случае проявляется в том, что из всего необозримого множества свойств объекта-модели выбираются и используются лишь некоторые свойства, подобные интересующим нас свойствам объекта-оригинала (артист реализует только интересующие нас свойства). Таким образом, модель подобна оригиналу в конечном числе отношений. [2]

Упрощенность моделей. Конечность модели делает ее упрощенность неизбежной. Упрощенность модели в человеческой практике является допустимой, для любой, даже очень серьезной цели оказывается вполне достаточным неполное, упрощенное отображение действительности. Более того, для конкретной цели такое упрощение является даже необходимым, поскольку избыточная сложность привела бы к удалению от неё из-за распыления внимания исследователя на множество второстепенных факторов. Упрощение является самым сильным средством для выявления главных эффектов в исследуемом явлении. Это хорошо видно на примерах моделей физики: абсолютно упругий удар, абсолютно черное тело, идеальный газ и т.д.

Следующая причина вынужденного упрощения модели связана с необходимостью оперирования с ней. Достаточно сложно решить большую сложную нелинейную систему с большим количеством переменных. По мере совершенствования вычислительной техники и развития современных численных методов эти упрощения ликвидируются или уменьшаются, что создает существенное продвижение в исследовании многих явлений! Есть и еще один, довольно загадочный аспект упрощенности моделей. Почему-то оказывается так, что из двух моделей, одинаково описывающих данное явление, та, которая проще, чаще оказывается ближе к истинной природе отображаемого явления. [11]

Качественные различия между оригиналом и моделью будем связывать с конечностью и упрощением, количественные – связаны с термином приближенность. Приближенность модели может быть очень высокой, например, некоторые подделки

произведений искусства даже эксперты не могут отличить от оригинала. В других случаях приближенность модели видна сразу и может варьироваться (например, звучание одной и той же песни, закодированной в различном битрейте).

Во всех случаях модель – это другой объект и различия неизбежны. Величину, меру, степень приемлемости различия мы можем ввести, только соотнеся его с целью моделирования, например, точность наручных часов, вполне достаточная для бытовых целей, совершенно недостаточна для регистрации спортивных результатов. [11]

Кроме приближенности модели определенную роль играет адекватность модели.

Адекватность – полное или предположительно полное соответствие между двумя сущностями, в частности соответствие между идеей и ее предметом. По отношению к мышлению и восприятию адекватность рассматривается как верное воспроизведение связей и отношений объективного мира.

Модель, с помощью которой успешно достигается поставленная цель, будем называть адекватной этой цели. Требования полноты, точности, и правильности (физического и другого соответствия) выполняются не вообще, а лишь в той мере, которая достаточна для достижения цели моделирования.

В ряде случаев удается ввести некоторую меру адекватности, т. е. указать способ сравнения двух моделей как степень успешности достижения цели с их помощью. Если к тому же такой способ приведет к количественным оценкам, то задача улучшения модели существенно облегчается. Только в таких случаях можно количественно ставить вопросы об идентификации модели, т. е. о нахождении в заданном классе моделей наиболее адекватной и об исследовании чувствительности и устойчивости моделей (т.е. зависимости меры адекватности от точности), об адаптации моделей (настройки параметров модели с целью повышения адекватности). Оценить адекватность разработанной модели реально существующей системе можно, используя сравнение измерений на реальной системе и результаты экспериментов на модели. Это можно сделать:

- по средним значениям откликов модели и системы;
- по дисперсиям отклонений откликов модели от среднего значения откликов системы;
- по максимальному значению относительных отклонений откликов модели от откликов системы.

Главная ценность моделей состоит в том, что они содержат объективную истину, т. е. в чем-то правильно отображают моделируемое. Однако, кроме безусловно истинного содержания, в модели всегда имеется и условно-истинное (т. е. лишь при определенных условиях) и предположительно-истинное (т. е. условно-истинное при неизвестных условиях). Следовательно, в моделях всегда есть и ложное содержание. При этом в каждых конкретных условиях бывает неизвестно точно, каково же фактическое соотношение истинного и ложного. Ответ дает только практика.

Задание 1

Выбрать систему и исследовать её на предмет создания различных моделей. Разработать и сделать описание абстрактной и реальной моделей одного и того же объекта/процесса.

Задание 2

Выполнить анализ обеих моделей с точки зрения их конечности, упрощённости и приближённости относительно оригинала. Обосновать их адекватность.

Контрольные вопросы

1. Что такое модель?
2. Для чего нужны модели?
3. В чём заключался первоначальный смысл понятия «модель»?
4. Какие виды моделей вы знаете?
5. В чём заключается конечность моделей?
6. В чём заключается упрощенность моделей?
7. В чём заключается приближённость моделей?

8. Что означает выражение «Практика – критерий истины»?
9. Что такое адекватность модели?
10. Как можно проверить адекватность модели?

Лабораторная работа № 5
Виды моделей. Моделирование объекта/процесса с использованием различных способов воплощения

Цель работы

Изучить классификацию моделей по различным основаниям. Освоить правила построения алгоритма. Научиться создавать модели процесса и объекта.

Информация

В XX веке понятие модели становится все более общим, охватывающим и реальные, и идеальные модели. Реальные – это материальные или абстрактные, но реалистичные модели (кукла, дорожный знак). Идеальные – это те, что существуют только в нашем воображении, например, геометрическая точка (математика), идеальный газ (физика), эластичный рынок (экономика).

Постепенно была осознана всеобщность моделирования, повсеместное развитие компьютерной техники предопределило появление моделей даже в тех областях, где это было сложно представить из-за невозможности воспроизвести условия или сложности математического описания.

Модель постепенно стала основным способом существования и развития знаний. Большинство систем изучаются сегодня именно на их целевых моделях. Соответственно выросла и комплексность описания систем при помощи моделей. Появился даже такой термин «система систем», которым обозначаются системы, состоящие из других систем, т.е. частей, обладающих свойством автономности, способности независимо существовать друг от друга, исполняя свою собственную задачу по достижению цели и внося существенный вклад в достижение цели общей с другими системами системы.

Очевидно, что различные модели могут быть классифицированы по некоторым признакам, что, например, существенно облегчает выбор исследователя при анализе очередной системы и выборе прототипа для создания её модели. [14]

Мы уже выяснили, что модель является не просто образом-заменителем оригинала, не любым его отображением, а отображением целевым. Это одно из главных свойств любой модели. Поэтому модель человеческого тела для хирурга и для скульптора будет иметь принципиальные различия, поскольку цель исследования у них будет различаться.

Таким образом, для разных целей требуются разные модели, поэтому множество моделей подразделяются по типам целей. Цели разделяются на теоретические и практические и поэтому модели, которые соответствуют каждой из них, условно делятся на познавательные и прагматические. Наиболее наглядно разница между познавательными и прагматическими моделями проявляется в их отношении к оригиналу в процессе деятельности.

Познавательные модели являются формой организации и представления знаний, средством соединения новых знаний с уже имеющимися. Познавательная деятельность ориентирована в основном на приближение модели к реальности, которую модель отображает. Это форма организации и представления знаний, средство соединения новых и старых знаний. Познавательная модель, как правило, является теоретической моделью.

Прагматические модели являются средством управления, организации практической деятельности, представления образцово правильных действий или их результата, т. е. идеальным представлением достигнутых целей. Использование прагматических моделей состоит в том, чтобы при обнаружении расхождений между моделью и реальностью направить усилия на изменение реальности так, чтобы приблизить реальность к модели. Прагматические модели носят нормативный характер, роль образца и стандарта. Это, как правило, прикладные модели. [1,15]

Другим принципом классификации целей моделирования может служить деление моделей на статические и динамические.

Модель называется статической, если среди параметров, участвующих в ее описании, нет временного параметра. Статическая модель – модель конкретного состояния объекта, своего рода «моментальная фотография», некий срез (рис.10).



Рисунок 10. Статическая модель Земли в разрезе

В тех случаях, когда цели связаны не с одним состоянием объекта, а с различиями между состояниями, возникает необходимость в отображении процесса изменения состояний. Такая модель – динамическая (например, модель эволюции животного и растительного мира, рис. 11).

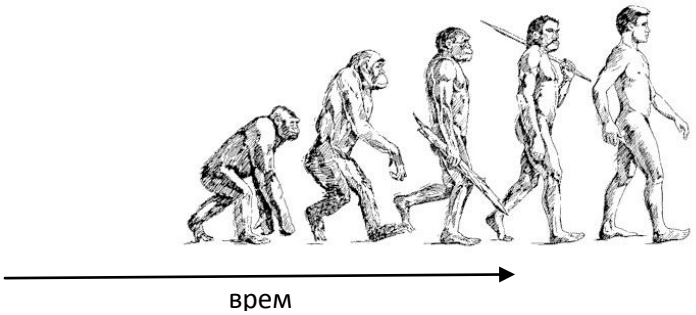


Рисунок 11. Модель эволюции человека

Когда заходит речь о динамике моделей, принято говорить, что модель проживает некий жизненный цикл. Как и всё в этом мире, модели проходят свой жизненный путь: они возникают, развиваются, участвуют в сотрудничестве или соперничестве с другими моделями, уступают место более совершенным моделям (часы: песочные → водяные → далее → механические → кварцевые → электронные → атомные). Одни модели живут дольше отдельных людей, и тогда этапы жизненного цикла моделей изучаются в виде истории той или иной области знаний или деятельности (история авиации, теплотехники, строительства, актерского искусства и т.д.). Жизненный цикл других моделей должен быть обязательно завершен в обозримый срок, и тогда переход от этапа к этапу становится технологическим действием, должен выполняться как можно эффективнее (быстрее, лучше и дешевле). Это невозможно без моделирования самого процесса моделирования, т. е. алгоритмизации задачи моделирования: проектной деятельности, изобретательского поиска, создания САПР, имитационного моделирования.[2]

Всякий процесс труда есть деятельность, направленная на достижение определенной цели. Различные виды целевой деятельности человека связанны с различными профессиями: рабочий, крестьянин, спортсмен, студент и т.д. Отдых, развлечение, игры, хобби обычно не рассматриваются как труд, но их целевой характер тоже очевиден. Цель – модель некоторого состояния человека, на реализацию которой и направлена деятельность. Осмысленная человеческая деятельность всегда осуществляется по определенному плану. Алгоритм – образ будущей деятельности, ее модель. Рассмотрим, что такое алгоритм и какими свойствами он обладает.

Алгоритм – точное предписание, сформулированное на понятном исполнителю языке, начинающееся с произвольного исходного данного (из некоторой совокупности возможных для данного алгоритма исходных данных) и направленное на получение полностью определяемого этими исходными данными результата.

Алгоритм обладает рядом свойств. Рассмотрим их подробнее.

Дискретность – алгоритм состоит из конечного числа описаний шагов и эти шаги выполняются в дискретном времени, т.е. эти любые два шага разделены при исполнении конечным, ненулевым отрезком времени.

Элементарность шагов – объем работы, выполняемой на любом шаге, определяется некоторой константой, зависящей от характеристик исполнителя алгоритмов, но не зависящей от входных данных и промежуточных значений, получаемых алгоритмом.

Массовость – входные данные для алгоритма могут быть выбраны из некоторого множества значений. Если входные данные уникальны, алгоритм всегда должен давать один и тот же результат.

Определенность – для каждого шага могут быть по набору исходных для шага данных однозначно вычислены результаты выполнения шага.

Конечность – задача будет решена, если построен алгоритм, приводящий к результату – решению задачи. В данном случае говорят, что задача алгоритмически разрешима. Если для задачи не существует алгоритма решения, то задача является алгоритмически неразрешимой.

Имеются закономерности динамики моделей, процесс моделирования структурирован, организован, т.е. алгоритмизован, и состоит из последовательности этапов. Этапы отличаются качественно, конкретными целями и должны выполняться в определенной последовательности (рис.12).

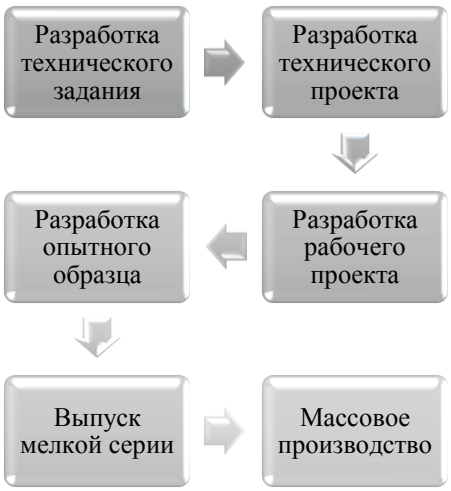


Рисунок 12. Этапы конструирования новой технической системы

Другой пример дает рекомендации по последовательности проведения этапов имитационного моделирования (рис. 13).



Рисунок 13. Этапы имитационного моделирования системы

Способы воплощения моделей. Мы рассмотрели, какие стороны объекта-оригинала отражаются в модели. Вид модели зависит от того, какая ставится цель, под которую строится модель. Перейдем теперь к рассмотрению того, на чем осуществляется моделирование, т.е. из чего строятся модели. Если человек создает модель сознательно, то перед ним имеются два типа материалов для построения моделей: средства самого

сознания и средства окружающего материального мира, т. е. абстрактные (идеальные) и материальные модели (реальные, вещественные).

Абстрактные модели – идеальные конструкции, построенные средствами мышления, сознания. К абстрактным моделям относятся, прежде всего, символьные конструкции. Символьные модели являются своего рода конечной продукцией мышления. Символьные модели делятся на формализованные и языковые модели. Формализованные модели – это математические, физические модели, т.е. выраженные в виде наборов математических символов. Они обладают наибольшей точностью и однозначностью интерпретации. [2]

Второй тип символьных моделей – это языковые модели. Есть оригинал – человек, и есть его символьная модель – слово «человек». Язык и мышление неразделимы. На естественном языке мы можем говорить обо всем, он является универсальным средством построения любых абстрактных моделей. Эта универсальность обеспечивается введением в язык не только новых слов, но и возможностью построения все более развитых языковых моделей (слово → предложение → абзац → текст). Универсальность языка достигается, кроме всего, еще и тем, что языковые модели всегда обладают неоднозначностью, расплывчатостью и неопределенностью (рис. 14, а, б, в).



а б в

Рисунок 14. Этапы имитационного моделирования системы

Одно и то же слово может обозначать абсолютно противоположные действия в зависимости от конкретного контекста. Многозначность и многовариантность слов позволяет средствами языка смоделировать любую ситуацию с достаточной для обычных практических целей точностью.

Приблизительность – неотъемлемое свойство языковых моделей. Человек приходит к пониманию данной языковой модели, преодолевая ее расплывчатость и приблизительность, только на практике сталкиваясь с оригиналом.

Рассмотрим теперь виды материальных (реальных, вещественных) моделей. Чтобы некая материальная конструкция могла быть отображением оригинала, т. е. замещала в каком-то отношении оригинал, между объектом и моделью должно быть установлено отношение похожести, подобия. Естественно, что оригинал и модель не могут быть одинаковы во всем (вспомним про упрощённость и приближённость моделей). Рассмотрим типы возможного подобия материальных моделей.

Прежде всего, возможно подобие, установившееся в результате физического взаимодействия в процессе создания модели. Это может быть фотография, модели поездов, турбин, гидротехнических сооружений, макеты зданий, куклы, шаблоны, выкройки и т.п. Такое подобие называется прямым (или геометрическим). Но как бы ни была хороша модель, она все-таки лишь заменитель оригинала, выполняет эту роль только в определенном отношении. Даже тогда, когда модель прямого подобия выполнена из того же материала, что и оригинал (такое подобие называется субстратным), возникают проблемы переноса результатов моделирования на оригинал. Есть ряд наук, которые занимаются переносом результатов, полученных на модели применительно к оригиналу. Теория подобия и физическое моделирование разрабатывают специальные критерии и масштабы при работе с моделями и переносе этих результатов на оригинал. [2]

Другой тип подобия называется косвенным, это случай, когда подобие между оригиналом и моделью устанавливается не в результате сравнения их физического взаимодействия, а объективно существует в природе, обнаруживается в виде совпадения или

достаточной близости их абстрактных моделей и после этого используется в практике реального моделирования. Отсюда возникло математическое моделирование различных процессов.

Роль моделей, обладающих косвенным подобием оригинала, велика в практике: водяные часы, песочные, атомные – аналог времени; подопытные животные – аналог человеческого организма; автопилот – аналог летчика; мишень – аналог противника. Часто альтернативой таких моделей могут быть только другие модели. Например, модель технологической линии предприятия содержит в качестве составляющих модели работы цехов, а они, в свою очередь, – модели работы отдельных агрегатов и модели работы отдельных узлов и механизмов.

Другой тип подобия называется условным. Подобие модели и оригинала не является ни прямым, ни косвенным, а устанавливается в результате некоторого соглашения использующих её сторон (деньги = модель стоимости, чертежи = модели конструкции). С моделями условного подобия приходится иметь дело часто, поскольку они являются способом материального воплощения абстрактных моделей, их вещественной формой. все-таки сохранить возможность возвращения в абстрактную форму. Такое соглашение принимает вид совокупности правил для построения моделей условного подобия и правил пользования ими. Примерами могут выступать широкий класс моделей, связанных с человеческой деятельностью: письменность, нотная грамота, карты местности и т. п.[2, 11]

Хотя условное подобие, в принципе, и не требует фактического сходства, но оно должно строится с учетом особенностей человека – создателя и потребителя моделей условного подобия. Выбор символики для обозначения цифр только на первый взгляд кажется произвольным: на практике арабская символика, в конце концов, вытеснила римскую из-за существенного различия и удобства ручного выполнения операций над знаками чисел. В компьютерах для хранения и обработки используется только двоичная система представления чисел. При работе с этими числами человек для удобства использует более компактную шестнадцатеричную систему, в которой четыре двоичных разряда соответствуют одной цифре. Вывод информации на экран монитора или принтер происходит в удобной для человека, привычной всем десятичной системе.

Задание

Выбрать процесс и/или объект для моделирования. Удостовериться в том, что они являются подходящими для выполнения этой задачи.

Выполнить моделирование процесса и/или объекта различными способами. Оценить достоверность каждой модели и усилия, которые были потрачены на её создание.

Контрольные вопросы

1. В чем особенности создания моделей объекта и процесса?
2. Чем познавательные модели отличаются от прагматических?
3. Что отображают статические модели?
4. В чём заключена полезность динамических моделей?
5. Что такое жизненный цикл модели?
6. Что такое алгоритм?
7. Какими свойствами обладает алгоритм?
8. В чём заключены особенности абстрактных моделей?
9. Что представляют собой материальные модели?
10. Какими типами подобия могут обладать вещественные модели?

Лабораторная работа № 6
Применение различных методик (по Оптнеру, Янгу, Черняку, Капитонову) для анализа системы

Цель работы:

Оценить различия в методиках системного анализа, предлагаемых различными авторами.

Информация

Кибернетика изучает процессы получения и передачи, накопления и преобразования, переработки и использования информации в машинах, живых организмах и их объединениях. Установление связи между управлением и информационными процессами – важнейшее достижение кибернетики. Оно позволяет понять технологию процесса управления и, главное, подвергнуть его изучению количественными методами. Отличительная черта кибернетического подхода к познанию и совершенствованию процессов управления - использование их аналогов в живой и неживой природе и моделирование. Основная задача кибернетики – достижение на основе присущих ей методов и средств оптимального уровня управления, т. е. принятие наилучших управленческих решений. Таким образом, кибернетическим называется такое управление, которое:

- рассматривает организацию как некоторую большую систему, каждый элемент которой берется не только сам по себе, но и как часть большой совокупности, в которую он входит;
- обеспечивает оптимальное решение многовариантных динамических задач организации;
- использует специфические методы, выдвинутые кибернетикой (обратную связь, саморегулирование и самоорганизацию и т. п.);
- широко применяет механизацию и автоматизацию управленческих работ на основе использования вычислительной и управляющей техники и компьютерных технологий.

Благодаря такой трактовке кибернетика находит практическое применение в самых различных областях деятельности человека, в том числе и в экономической. Ее приложение к экономике получило наименование экономической кибернетики, которая рассматривается как использование научных подходов, основного комплекса понятий и научных инструментов кибернетики для исследования экономических явлений и решения практических экономических задач.

Из кибернетики управление заимствует следующие законы и принципы необходимого разнообразия, эмерджентности, внешнего дополнения, обратной связи, выбора решения, декомпозиции, а также иерархии управления и автоматического регулирования или саморегулирования. [16]

Закон необходимого разнообразия. По определению У.Р. Эшби, первый фундаментальный закон кибернетики заключается в том, что разнообразие сложной системы требует управления, которое само обладает некоторым разнообразием. Иначе говоря, значительное разнообразие воздействующих на большую и сложную систему возмущений требует адекватного им разнообразия её возможных состояний. Если же такая адекватность в системе отсутствует, то это является следствием нарушения принципа целостности составляющих её частей, а именно – недостаточного разнообразия элементов в организационном построении частей. [17]

Ограничение разнообразия в поведении управляемого объекта достигается только за счет увеличения разнообразия органа управления (управленческих команд). Чтобы достигнуть минимума разнообразия выходных реакций (результатов деятельности) системы, управляющий орган должен быть способен к выработке определенного минимума команд и сигналов. Если его мощность ниже минимума, он не способен обеспечить полное управление.

Процесс управления в конечном счете сводится к уменьшению разнообразия состояний управляемой системы, к уменьшению её неопределенности. В соответствии с

этим законом, с увеличением сложности управляемой системы сложность управляемого блока также должна повышаться. Поэтому все большее усложнение аппарата управления корпорациями, холдингами, финансово-промышленными группами, и т. п. организациями и их частями в современных условиях - это закономерный процесс. Другое дело, что восполнять разнообразие управляющей системы нужно за счет внедрения компьютерных и других прогрессивных технологий управления и математических методов, а не за счет привлечения дополнительных людских ресурсов.

Закон необходимого разнообразия имеет принципиальное значение для разработки оптимальной структуры системы управления, анализа ситуации и принятия компетентных решений. Если центральный орган управления при сохранении разумных размеров не обладает необходимым разнообразием, то следует развивать иерархическую структуру, передавая принятие определенных решений на нижние уровни и не допуская, чтобы они превращались в передаточные инстанции. [17]

Методология системного анализа представляет собой довольно сложную и пеструю совокупность принципов, подходов, концепций и конкретных методов, и методик.

До сих пор нет единого подхода и классификации имеющихся методик системного анализа, однако существует несколько наиболее известных и популярных методик, имеющих свои особенности количества и содержания этапов системного анализа. Рассмотрим их ниже. [3]

По **С. Оптнеру** анализ системы проводится в следующей последовательности**:**

1. Идентификация симптомов;
2. Определение актуальности проблемы;
3. Определение цели;
4. Вскрытие структуры системы и её дефектных элементов;
5. Определение структуры возможностей;
6. Нахождение альтернатив;
7. Оценка альтернатив;
8. Выбор альтернативы;
9. Составление решений;
10. Признание решения коллективом исполнителей и руководством;
11. Запуск процесса реализации решения;
12. Управление процессом реализации решения;
13. Оценка последствий реализации.

По **С. Янгу** методика проведения системного анализа следующая**:**

1. Определение целей организации;
2. Выявление проблем организации;
3. Исследование проблем и постановка диагноза;
4. Поиск решения проблемы;
5. Оценка всех альтернатив и выбор наилучшей;
6. Согласование решений в организации;
7. Утверждение решения;
8. Подготовка к вводу;
9. Управление применением решения;
10. Проверка эффективности решения.

По **Ю.И. Черняку** провести системный анализ можно следующими этапами [6]**:**

1. Анализ проблемы;
2. Определение системы;
3. Анализ структуры системы;
4. Формирование общей цели и основного критерия;
5. Декомпозиция цели, выявление потребности в ресурсах, процессах;
6. Выявление ресурсов и процессов, композиция цели;
7. Прогноз и анализ будущих условий;
8. Оценка целей и средств;

9. Отбор варианта;
10. Диагноз существующей системы;
11. Построение комплексной программы развития;
12. Проектирование организации для достижения цели.

По **Э.А. Капитонову** выделяют следующие последовательные этапы системного анализа:

1. Постановка целей и основных задач исследования;
2. Определение границ системы с целью отделения объекта от внешней среды, разграничения его внутренних и внешних связей;
3. Выявление сути целостности.

Рекомендуется для достижения наилучшего результата применять несколько методик для системного анализа одной и той же ситуации.

Задание

Выберите некоторую систему и исследуйте её. Проанализируйте систему согласно этапам системного анализа, определенным в методиках С. Оптнера, С.Янга, Ю.И. Черняка и Э.А. Капитонова. Результаты представьте в виде сводной таблицы, сгруппировав по строкам схожие этапы.

Контрольные вопросы

1. Какова область интересов кибернетики как науки?
2. Какое управление называется кибернетическим?
3. О чём говорит закон необходимого разнообразия, сформулированный У.Р. Эшби?
4. Что такое методика системного анализа?
5. Какие схожие этапы в различных методиках анализа систем.
6. Назовите нескольких авторов методик системного анализа.
7. В чем отличие методик системного анализа С. Оптнера и С. Янга?
8. В чем суть методики системного анализа Ю.И. Черняка?
9. Перечислите этапы анализа системы по Э.А. Капитонову.
10. Что является основанием для оценки эффективности принятых по итогам анализа системы решений?

Лабораторная работа № 7
Определение наилучшего и оптимального решений. Использование принципа Парето для анализа системы

Цель работы

Ознакомиться с понятиями наилучшего и оптимального решения. исследовать границы применимости графических методов определения решения задачи, изучить основы оптимизации и область решаемых задач.

Информация

В 1897 году итальянский экономист В. Парето, исследовавший распределение материальных ресурсов среди различных слоёв населения Англии того времени, вывел формулу, показывающую, что блага распределяются неравномерно. Эта теория была проиллюстрирована графически американским экономистом М. С. Лоренцом в 1907 году диаграммой. Оба ученых показали, что в большинстве случаев наибольшая доля доходов или благ принадлежит небольшому числу людей. Так был заложен закон 80/20**,** который, к сожалению, сам Парето не смог корректно объяснить. Из-за этого он был оставлен без внимания аж до 1949 года, когда профессор из Гарвардского Университета Джордж К. Зипф обратил внимание на следующую закономерность. Он пришел к тому, что около 20-30% усилий дают результативность в 70-80% от максимума, который можно от них получить. Таким образом, Зипф заново открыл принцип Парето**,** показав основы самоорганизации всех ресурсов. [18]



Доктор И. Джуран применил диаграмму М.С. Лоренца, исследуя статистику распределения брака на производстве, еще раз подтвердил принцип 80/20, и издал книгу, в которой сформировал закон «немногого, имеющего решающее значение». Он указал, что в большинстве случаев подавляющее число дефектов и связанных с ними потерь возникают из-за относительно небольшого числа причин. При этом он иллюстрировал это с помощью диаграммы, которая получила название диаграммы Парето. Ученый в своей рукописи призывал к массовому внедрению данного принципа в различные сферы производства, дабы искоренить брак и повысить качество выпускаемых товаров.

Сегодня этот закон применяется практически в любых областях деятельности. Японский союз ученых и инженеров в 1979 г. включил диаграмму Парето в состав семи методов контроля качества.

Итак, в общем случае, «Принцип 80/20» гласит, что небольшая доля причин, вкладываемых средств или прилагаемых усилий, отвечает за большую долю результатов, получаемой продукции или заработанного вознаграждения.

Например, на получение 80% результатов уходит 20% всего затраченного времени. Выходит, что на практике 4/5 приложенных усилий практически никак не влияет на результат.

Таким образом, Принцип 80 на 20 утверждает, что диспропорция является неотъемлемым свойством соотношения между причинами и результатами, вкладываемыми и получаемыми средствами, прилагаемыми усилиями и вознаграждением за них. Выражение «80/20» хорошо описывает данную диспропорцию: 20% вложенных средств приносят за 80% отдачи; 80% следствий проистекают из 20% причин, 20% усилий дают 80% результатов. [18]

Таблица 3. – Примеры применения «Принципа 80/20»

Область применения	Что определяет «Принцип 80/20»	
	20%	***80%***
Бизнес	ассортимент	общий объем продаж
	покупателей	процент прибыли
Производство	исходных продуктов	стоимость готового изделия
Общество	преступников	преступлений
	водителей	ДТП
	брачующихся	разводов
	детей	возможностей системы образования
Дом	одежды в гардеробе	время использования
	причин	ложных срабатываний сигнализации
	действий	накапливаемого мусора

Двигатель внутреннего сгорания наглядно справедливость Принципа 80/20: 80% энергии, выделившейся при сгорании топлива, теряется, а колесам передается лишь 20% всей энергии. Эти 20% топлива производят 100% всего движения.

Диаграмма Парето – инструмент, позволяющий распределить усилия для разрешения возникающих проблем и выявить основные причины, с которых нужно начинать действовать. Различают два вида диаграмм Парето – по результатам и причинам.

Диаграмма Парето по результатам деятельности. Эта диаграмма предназначена для выявления главной проблемы и отражает следующие нежелательные результаты деятельности:

- качество: дефекты, поломки, ошибки, отказы, рекламации, ремонты, возвраты продукции;
- себестоимость: объем потерь, затраты;
- сроки поставок: нехватка запасов, ошибки в составлении счетов, срыв сроков поставок;
- безопасность: несчастные случаи, трагические ошибки, аварии.

Диаграмма Парето по причинам. Эта диаграмма отражает причины проблем, возникающих в ходе производства, и используется для выявления главной из них:

- исполнитель работы: смена, бригада, возраст, опыт работы, квалификация, индивидуальные характеристики;
- оборудование: станки, агрегаты, инструменты, оснастка, организация использования, модели, штампы;
- сырье: изготовитель, вид сырья, завод-поставщик, партия;
- метод работы: условия производства, заказы-наряды, приемы работы, последовательность операций;
- измерения: точность (указаний, чтения, приборная), верность и повторяемость (умение дать одинаковое указание в последующих измерениях одного и того же значения), стабильность (повторяемость в течение длительного периода), совместная точность, т. е. вместе с приборной точностью и тарированием прибора, тип измерительного прибора (аналоговый или цифровой). [18]

Построение диаграммы Парето состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Предполагается, что на данном этапе мы уже имеем результаты всех предыдущих шагов по решению проблем: формулировка и постановка проблемы, анализ ее, сбор необходимых данных и фиксация их в контрольных листках. Для построения диаграммы необходимо разработать бланк таблицы, в которую заносят:

- типы (признаки) случаев, фактов (данные лучше всего располагать в убывающем порядке - в начале таблицы тип события, имеющий наибольшее количество повторений, в конце таблицы - наименьший);
- количество появлений (повторений) каждого типа;
- накопленная сумма числа каждого типа (с нарастающим итогом: к числу предыдущего типа прибавляется следующее);
- процент числа по каждому признаку в общей сумме;
- накопленный процент (с нарастающим итогом).

В таблице следует подсчитать общую сумму количества случаев по всем типам (признакам).

Шаг 2. Далее необходимо начертить одну горизонтальную и две вертикальные оси.

- вертикальные оси:
  - левая ось с интервалами от 0 до общей суммы количества выявленных случаев;
  - правая ось с интервалами от 0 до 100.
- горизонтальная ось. Интервалы на ней должны быть одинаковыми и соответствовать числу типов (признаков), указанных в таблице.

Шаг 3. Строится столбиковая диаграмма по значениям типов (признаков) случаев и кумулятивная кривая (кривая Парето). На вертикалях, соответствующих правым концам каждого интервала на горизонтальной оси, наносятся точки накопленных сумм (результатов или процентов) и соединяются между собой отрезками прямых.

Шаг 4. На диаграмме располагаются все обозначения и надписи:

- надписи, касающиеся диаграммы (название, разметка числовых значений на осях, наименование контролируемого изделия (события), имя составителя диаграммы);
- надписи, касающиеся данных (период сбора информации, объект исследования и место его проведения, общее число объектов контроля) (рис. 15).

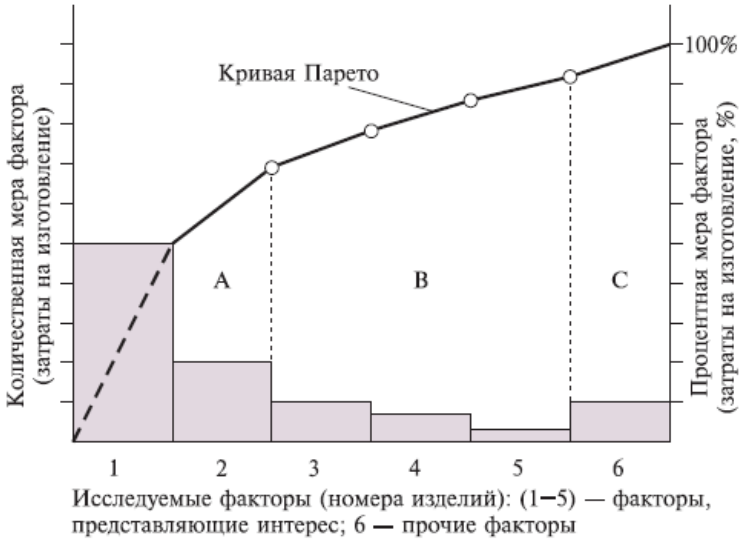


Рисунок 15. Пример построения диаграммы Парето

Советы по построению диаграммы Парето:

1. Следует использовать разные классификации и составить как можно больше диаграмм Парето. Суть проблемы можно уловить, наблюдая явление с разных точек зрения, поэтому важно опробовать различные пути классификации данных, пока не выявятся немногочисленные важные факторы, что и служит целью анализа Парето.
2. Нежелательно, чтобы группа «прочие» факторы (или от «другие») составляла большой процент. Если такое происходит, значит, объекты наблюдения расклассифицированы неправильно и слишком много объектов попало в одну группу. В этом случае надо использовать другой принцип классификации.
3. Если данные можно представить в денежном выражении, лучше всего показать это на вертикальных осях диаграммы Парето. Если нельзя оценить существующую проблему в денежном выражении, само исследование может оказаться неэффективным. Затраты – важный критерий изменений в управлении.

Термин «оптимальность» означает характеристику качества принимаемых решений (оптимальное решение задачи, оптимальный план, оптимальное управление), характеристику состояния системы или ее поведения (оптимальная траектория, оптимальное распределение ресурсов, оптимальное функционирование системы) и др. Всё это не абсолютные понятия: нельзя говорить об оптимальности вообще, вне условий и без точно определенных критериев оптимальности. Решение, наилучшее в одних условиях и с точки зрения одного критерия, может оказаться далеко не лучшим в других условиях и по другому критерию. Применительно к большинству систем, приходится учитывать также фактор устойчивости предлагаемого решения. Может оказаться так, что оптимальный расчетный план неустойчив: любые, даже незначительное отклонения от него могут привести систему к негативным последствиям и даже к кризису. И в этом случае целесообразнее принять не самый оптимальный, но более устойчивый план, отклонения от которого окажутся не столь опасными. Кроме того, поскольку модель никогда не бывает точным описанием системы, то и полученное на её основе решение также не является обязательно наилучшим решением реальной задачи. И все же оно лучше любого другого решения, полученного иными методами и с другими критериями. [19, 20]

Итальянский экономист В. Парето математически сформулировал один из самых распространенных критериев оптимальности, который получил применение не только в экономике, но и в естественных науках и технике. Парето сформулировал его так: «Следует считать, что любое изменение, которое никому не причиняет убытков и которое приносит некоторым людям пользу (по их собственной оценке), является улучшением». Критерий Парето применяется при решениях таких задач, когда

оптимизация означает улучшение одних показателей при условии, чтобы другие не ухудшались.

Задание

Выбрать систему или процесс для анализа. Построить диаграммы Парето по причинам и по результатам деятельности системы, исследовав эффективности системы/процесса, исходя из «Принципа 80/20». Оценить корректность метода.

Контрольные вопросы:

1. Кем и когда был сформулирован закон «немногого, имеющего решающее значение»?
2. Что обычно иллюстрирует Кривая Парето?
3. Что выявляет диаграмма Парето по результатам деятельности?
4. Что показывает диаграмма Парето по причинам?
5. В чём заключается задача оптимального управления?
6. Что означают области A, B, C на диаграмме Парето?
7. Что общего и в чём различия между диаграммой Парето и диаграммой Исикава?
8. Каков алгоритм построения диаграммы Парето?
9. Приведите собственные примеры работы принципа «80/20».
10. Как можно использовать принцип Парето в учёбе?

Лабораторная работа № 8
Методы исследования систем. Метод синектики

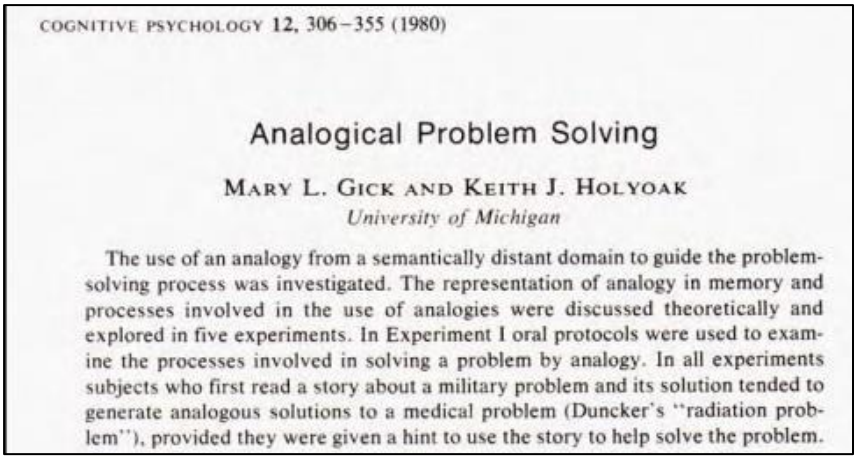
Цель работы

Научиться находить аналогии и метафоры для процессов и явлений, происходящих в технических и в природных системах.

Информация

Термин «синектика» заимствован из греческого языка. Он означает соединение вместе различных и не имеющих видимых связей элементов.

В 1980 году двое учёных из Мичиганского университета (США) Мэри Гик и Кит Холиоак. задались в своём исследовании (рис 16) вопросом: «Откуда возникают новые идеи?»



COGNITIVE PSYCHOLOGY 12, 306–355 (1980)

Analogical Problem Solving

MARY L. GICK AND KEITH J. HOLYOAK

University of Michigan

The use of an analogy from a semantically distant domain to guide the problem-solving process was investigated. The representation of analogy in memory and processes involved in the use of analogies were discussed theoretically and explored in five experiments. In Experiment I oral protocols were used to examine the processes involved in solving a problem by analogy. In all experiments subjects who first read a story about a military problem and its solution tended to generate analogous solutions to a medical problem (Duncker's "radiation problem"), provided they were given a hint to use the story to help solve the problem.

Рисунок 16. Фрагмент статьи, посвященной исследованиям решения проблем методом аналогий

В своём 50-страничном исследовании они доказали, что большинство общих выводов сделано при обнаружении подобия (аналогий и метафор) между двумя или более ситуациями. Приемы использования аналогий относятся к методам психологической активизации творческого мышления. [21]

Наиболее интересным методом, использующим аналогии, является «Синектика» – метод решения изобретательских задач и поиска новых бизнес идей группой специалистов, широко использующих различные типы аналогий. Этот метод был предложен У. Гордоном (США) в 1952 году. Он основан на свойстве человеческого мозга устанавливать связи между словами, понятиями, чувствами, мыслями, впечатлениями, т. е. устанавливать ассоциативные связи. Это приводит к тому, что отдельное слово, наблюдение и т. п. могут вызвать в сознании воспроизведение раннее пережитых мыслей, восприятий, и "включить" богатую информацию прошлого опыта для решения поставленной задачи. Этот метод относится к эвристическим методам.

Подобно подсказке, аналогия должна восприниматься как составная часть решаемой задачи. Выделяют четыре основных типа аналогий:

Личная аналогия. Если вы хотите разобраться в сложном явлении, представьте себя составной частью этого явления. Например, если вы хотите понять молекулярное строение смеси, представьте себя молекулой. Как бы вы повели себя? Как поступили бы другие молекулы, к которым вы намерены прицепиться? Может, вы увидите с этой точки зрения те неуловимые связи, которые были ранее вам недоступны.

Прямая аналогия. Сопоставьте задачу, над которой вы работаете, с рядом задач из совсем других областей. Этот метод был использован Александром Грэмом Беллом: «Меня осенило: ведь на самом деле хрящи человеческих ушей слишком массивны по сравнению с тонкой мембраной, которая управляет ими, и если такая тонкая мембрана может заставить двигаться относительно громоздкие хрящи, то почему бы моей более толстой и плотной мембране не заставить двигаться стальную пластинку». Так был придуман телефон.

Символическая аналогия. Эта стратегия решения задач требует зрительного воображения. Ее цель – оторваться от ограничений, накладываемых словами или

символами. Если вы пытаетесь создать четкий зрительный образ задачи, то можете увидеть и решение, просвечивающее сквозь этот образ.

Фантастическая аналогия. Какое решение приходит вам на ум в ваших самых фантастических мечтах? Например, вы можете вообразить двух маленьких насекомых, которые будут автоматически застегивать вашу куртку, или гусеницу-шелкопряда, которая начнет быстро прясть шелк, чтобы вы не замерзли при резком похолодании. Это примеры фантастических аналогий. Как и в случае мозгового штурма, фантастические аналогии могут выражаться в безумных, далеких от реальности идеях, которые, весьма вероятно, затем будут преобразованы в практические и выполнимые решения. [22]

Метод синектики применяется как в индивидуальном, так и в коллективном порядке. В коллективном профессиональном применении на начальном этапе синектического обсуждения аналогии используются для наиболее четкого выявления и усвоения участниками сути решаемой проблемы. Происходит отказ от очевидных решений. Затем в процессе специально организованного обсуждения определяются главные трудности и противоречия, препятствующие решению. Вырабатываются новые формулировки проблемы, определяются цели. В дальнейшем при помощи специальных вопросов, вызывающих аналогии, осуществляется поиск идей и решений. Полученные решения подвергаются оценке и проверке. При необходимости происходит возврат к проблеме для повторного ее обсуждения и развития полученных ранее идей. [22]

При индивидуальном использовании строгого алгоритма нет, различные виды аналогий применяются совместно для синектического анализа.

В программировании на всех его этапах присутствует поиск аналогий и метафор. Даже такой привычный «Рабочий стол» является метафорой, как и папки, каталоги, методы упорядочивания процессов в системе, хранилища данных и т.д.

Задание

Исследовать программный/аппаратно-программный комплекс с точки зрения использования различных видов аналогий в её разработке и функционировании. Сначала дать краткое описание системы. Результат можно представить в виде таблицы (курсивом дан пример заполнения):

Элемент системы	Связь между элементами	Вид аналогии			
		Личная	Прямая	Символическая	Фантастическая
Элемент 1	×				*при создании элемента была использована аналогия из научно-фантастического романа Г. Уэллса ….*
Элемент 2	×		*при создании элемента была использована аналогия с …*		
	Связь между элементами 1 и 2			*для связи между элементами была использована аналогия с…*	

Контрольные вопросы:

1. Что означает термин «синектика»?
2. Что лежит в основе метода синектики?

3. Что представляет собой личная аналогия?
4. Что представляет собой символическая аналогия?
5. Что представляет собой прямая аналогия?
6. Что представляет собой фантастическая аналогия?
7. Каковы границы применения метода синектики?
8. Как применять метод при групповом исследовании систем?
9. Как применять метод при индивидуальном исследовании систем?
10. Как принцип аналогий используется в персональных компьютерах?

Приложние 2

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-1: Способность анализировать требования к программному обеспечению и базам данных, разработки технических спецификаций на программные компоненты и их взаимодействие, проектировать программное обеспечение и базы данных		
ПК-1.1	Анализирует требования к разработке программного обеспечения и базам данных	Система понимается как ... 1) воплощение системы; 2) индивидуальный, уникальный физический объект, существующий в физическом мире; 3) изображение системы; 4) абстракция, ограниченная внешней средой
		Описание системы - это ... 1) информация определения, записанная на каком-то носителе информации; 2) воплощение системы; 3) формализация событий, до и после которых состояние системы изменяется
		Экстентом называется ... 1) место индивида в некотором протяженном пространстве-времени; 2) место нахождения индивида в конкретный момент времени; 3) дискретная область носителя информации
ПК-1.2	Оценивает качество разработки технических спецификаций на программные компоненты и их взаимодействие	Совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на системы, а также тух объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы, это: 1) среда; 2) подсистема; 3) компоненты
		Объединение некоторых параметров системы в параметре более высокого уровня – это… 1) синергия; 2) агрегирование; 3) иерархия.
		Принцип интеграции направлен: 1) на изучение интегративных свойств и закономерностей; 2) ранжирование элементов системы по значимости; 3) на получение количественных и комплексных характеристик.
ПК-1.3	Оценивает качество проекта на разработку программного обеспечения и баз данных	Какая закономерность проявляется в системе в появлении у неё новых свойств, отсутствующих у элементов? 1) аддитивность; 2) целостность; 3) обособленность; 4) интегративность
		4D-онтология - это ... 1) существование мира в четырёхмерном пространстве-времени по Эйнштейну; 2) онтология, включающая 4 составляющих внешней

		среды - землю, воду, воздух, огонь; 3) величина, являющаяся единой мерой различных форм движения и взаимодействия материи, мерой перехода движения материи из одних форм в другие
		Коммуникативность относится к группе закономерностей 1) осуществимости систем 2) взаимодействия части и целого 3) развития систем 4) иерархической упорядоченности систем
ПК-2: Способность к анализу проблемной ситуации, разработке требований к системе, постановке целей создания системы, разработке концепции системы и технического задания на создание системы, представления концепции, технического задания на систему и изменений в них заинтересованным лицам		
ПК-2.1	Оценивает выбор средств и методов для проведения системного анализа при проектировании программного обеспечения для автоматизированных систем	Какая из особенностей не является характеристикой развивающихся систем 1) однонаправленность; 2) нестационарность отдельных параметров; 3) целеполагание; 4) уникальность поведения системы.
		Принцип ..... заключается в том, что АИС создается с учетом возможности постоянного пополнения и обновления функций системы и видов её обеспечения 1) развития; 2) стандартизации и унификации; 3) совместимости
		Принцип ..... позволяет подойти к исследуемому объекту как единому целому; выявить на этой основе многообразные типы связей между структурными элементами, обеспечивающими целостность системы; установить направления производственно- хозяйственной деятельности системы и реализуемые ею конкретные функции. 1) стандартизации; 2) системности; 3) совместимости

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Системный анализ» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по дисциплине проводится по результатам отчетности на лабораторных занятиях с опросом в устной форме по этапам выполнения и активного выступления в беседе-обсуждении на лекционных занятиях.

Показатели и критерии оценивания дифференцированного зачета:

Основной задачей подготовки студента к дифференцированному зачёту следует считать систематизацию знаний учебного материала, его творческое осмысливание.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку ***«отлично»*** *– обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е.* полно раскрыто содержание материала; чётко и правильно даны определения и раскрыто содержание материала; ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее;

– на оценку ***«хорошо»*** *– обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е.* раскрыто основное содержание материала в объёме; в основном правильно даны определения, понятия; материал изложен неполно, при ответе допущены неточности, нарушена последовательность изложения; допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов; практические навыки нетвёрдые;

– на оценку ***«удовлетворительно»*** *– обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е.* усвоено основное содержание материала, но изложено фрагментарно, не всегда последовательно; определения и понятия даны не чётко; практические навыки слабые;

– на оценку ***«неудовлетворительно»*** *– результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.*