

Министерство образования и науки Украины
ХНАДУ

Кафедра Информационных технологий и мехатроники

Дисциплина "Основы системного анализа"

Лекция № 1

Тема: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Цель: Ознакомиться с назначением дисциплины, требованиями к студентам при изучении дисциплины, основными понятиями и короткой историей развития системного анализа

Время: 2 часа

Место проведения : Аудитория №

План

Вступление

- 1.1. Возникновения и развития системного анализа
- 1.2. Основные понятия и определения. Типы систем.
- 1.3. Классификация систем
- 1.4. Свойства систем

г. Харьков
в 2014 г.

ВСТУПЛЕНИЕ

Доцент кафедры "Информатики" Кудин А.И.

Сегодня мы с вами начинаем изучать дисциплину "Основы системного анализа" на дисциплину отведено 54 часа из них 18 часов аудиторных (9 часов лекций; 9 часов ЛР) и 36 часов - самостоятельной работы; два контрольных модуля по результатам которых выставляется интегрированный зачет.

Первый модуль выставляется по результатам ЛР и присутствию на Лк.

Второй модуль выставляется по результатам сдачи теста по лекционному материалу. Результирующая оценка рассчитывается, как среднее арифметическое по 2 лабораторным работам и тесту. Полученный результат и является оценкой по зачету.

Литература:

1. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу. Навчальний посібник. – Вінниця, Нова книга, 2004. – 176 с. (б – 30шт)

2. 6. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с. (1 шт. чит. Зал)

3. Шарапов О.Д., Дербенцев В.Д., Семьонов Д.С. Системний аналіз: Навч.-метод. Посібник для самот. вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2003. – 154 с.

5. Ніконов О. Я., Кудін А.І., Костікова М.В., Скрипіна І.В, Шевченко В.О. Основи системного аналізу. Навчальний посібник. – Харків, ХНАДУ, 2013. – 164 с.

4. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. – 208 с., ил.

5. Вітлінський В.В., Наконечний С.І., Терещенко Т.О. Математичне програмування: Навч.-метод. посібник для самот. вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2001. – 248 с.

6. Егоршин А.А., Малярец Л.М. Математическое программирование: Учебное пособие. – Харьков, ИД "ИНЖЭК", 2003. – 240 с. Русск. яз.

7. Бардачов Ю. М.Соколова Н. А., Ходаков В. Є.Ходаков В. Є. Дискретна математика: підруч. для студ. Вузів. – К.: Вища шк., 2007 (б 150 шт.)

8. Перельман М. А. Исследование операций в задачах автомобильного транспорта: учеб. пособие для студентов спец. 7.100401 –

Х., 1995 (б 7 шт.)

9. Анфилатов В.С.Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: Учеб. Пособие.– М.: Финансы и статистика, 2002. (1шт.)

Возникновение прикладной науки "Системный анализ" является объективной необходимостью для людей познавать мир, который нас окружает. Элементы системного мировоззрения возникли еще в античном мире. В течение всей истории развития науки, образования и культуры понятие системы изменялось, уточнялось, развивалось. Особое внимание понятию системы и развитию системного анализа как науки были уделены в конце восемнадцатого и в течение двадцатого века в связи с быстрым развитием промышленности.

Термин "системный подход" содержательно отображает группу методов, с помощью которых реальный объект описывается как совокупность взаимодействующих компонентов. Эти методы развиваются в рамках отдельных научных дисциплин и общенаучных концепций, являются результатом их междисциплинарного синтеза. Использование системного подхода в науке стимулирует также успех отдельных системных теорий в других областях знаний.

РАЗДЕЛ 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

1.1 Краткая история возникновения и развития системного анализа

Понятие "системный анализ", "системный подход", "Системное исследование" включают ключевое слово система. Система (от греческого systema - целое, составленное из частей; объединенное) - множество элементов, которые находятся в отношениях и связях друг с другом, образуя определенную целостность, единство [1].

Сначала слово "система" было связано с формами социально-исторического бытия. Лишь позже принцип порядка, идея упорядочения переносятся на Вселенную.

Изменение смысла слова система проходило постепенно и первым, кто сделал это, был Демокрит (в 460 - 360 г. до н.э.), древнегреческий философ, один из основоположников материалистического атомизма.

Образованию сложных тел из атомов он проводит аналог образованию слов со слогов и слогов с букв. Сравнение неделимых форм (элементов с буквами) - один из первых этапов формирования научно-философского понятия, которое владеет обобщенным универсальным значением.

На следующем этапе происходят дальнейшая универсализация смысла слова система, наделяя его высшим обобщенным значением, что позволяет применять его и к физическим, и к искусственным объектам.

Дальнейшее развитие системного анализа в начале 20-ого века привело к попытке разработать общие принципы системного подхода. Первые попытки были сделаны врачом, философом и экономистом А.А. Богдановым (1873 - 1928) в работе "Общая организационная наука(3-ое изд. М.; Л., 1925 - 1929. Ч. 1 - 3). Исследования, проведенные уже в наши дни, показали, что важные идеи и принципы кибернетики, сформулированные Н. Винером и особенно В. Росс Ешби, значительно раньше, хотя и в несколько другой форме, были выражены Богдановым. В еще большей мере это относится к общей теории систем (ЗТС) Л. предложенной фон Берталанфи, идейная часть которой во многом предвидена автором тектологии.

Тектология (греч. - "строитель") - весьма оригинальная общенаучная концепция, исторически первый развернутый вариант общей теории систем (ОТС). Для построения тектологии используется материал самых разных наук, в первую очередь естественных. Анализ этого материала приводит к выводу о существовании единственных структурных связей и закономерностей, общих для самих разнородных явлений.

Австрийский биолог и философ Л. фон Берталанфи (1901 - 1972) первым из западных ученых разработал концепцию организма как открытой системы и сформулировал программу построения ОТС. В своей теории он обобщил принципы: целостности, организации, эквифинальности (достижение системой одного и того же конечного состояния при разных начальных условиях) и изоморфизму (одинакового представления).

Л. фон Берталанфи более четко сформулировал идею построения общей теории систем, не в зависимости от их природы (в 1950 г.). Реализацию этой системы он видел в том, чтобы найти струк-

турную общность законов, которые установлены в разных науках и выводить на этой основе общесистемные закономерности. Основоположниками системного подхода являются: Л. фон Берталанфи, А.А. Богданов, Г. Саймон, П. Друкер, А. Чандлер.

На западе идеи теории систем развивали такие ученые, как: В. Леонтьев, Р. Акофф, О. Ланге, М. Месарович, Р. Мертон, Т. Парсонс, В. Росс Эшби. В Союзе советских социалистических республик (СССР), в 60 - 70 – ые годы проблемы системологии создания общей теории систем были также очень популярными. Исследованиями здесь занимались: В.Г. Афанасьев, В.М. Глушков, В.П. Кузьмин, Ю.Г. Марков, И.Б. Новик, Л. А. Петрушенко, В.Н. Садовский, М. И. Сетров, В.С. Тюхтин, А.И. Уемов, Е.Г. Юдин и др. Усилиями этих ученых была развита концепция современного развития системного подхода в трех направлениях:

- 1 - системологи как теории технических систем (ТС);
- 2 - системотехника как практики;
- 3 - системного анализа как методологии.

А также разработана основная совокупность системных принципов :

- **Целостность**, что позволяет рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для систем высших уровней.

- **Иерархичность строения**, то есть наличие огромного количества (по крайней мере, двух) элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня. Реализация этого принципа хорошо видно на примере любой конкретной организации. Как известно, любая организация является взаимодействием двух подсистем : управляющей и управляемой. Одна подчиняется другой.

- **Структуризация**, что позволяет анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры. Как правило, процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами ее отдельных элементов, сколько свойствами самой структуры.

- **Множественность**, что позволяет использовать огромное количество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов и системы в целом.

- **Системность** - свойство объекта владеть всеми признаками системы.

Понятия теория систем и системный анализ, несмотря на период больше 60 лет их использование, все еще не нашли общепринятого - стандартного толкования.

Предложенные варианты общих системных концепций строятся на разных предпосылках и отличаются разнообразием средств, которые используются. Именно факт выдвижения этих концепций превратил системный подход в научную реальность. И этому не препятствует отсутствие единственной общепринятой теории систем.

Вывод из истории возникновения и развития системного анализа - для возникновения и развития системных теорий и понятий были объективные причины: такие теории не могли не возникнуть, они и сегодня развиваются и мы являемся свидетелями дальнейшего этапа их развития [2].

1.2 Основные понятия и определения

Системный анализ - это совокупность методов исследования процессов функционирования сложных систем на основе моделирования и направленных на повышение их эффективности (совершенствование).

Системный анализ использует системный подход к изучению объектов, явлений и процессов большой степени сложности.

Системный подход - направление методологии исследования, которое реализует на практике принципы целостности рассмотрения явлений и процессов во всей сложности, взаимосвязи и взаимообусловленности их развития.

В основе системного анализа изучения объектов, явлений и процессов большой степени сложности лежит понятие системы.

Система - (греч. systema - составлено из частей, соединенное) это совокупность (целостное множество) объектов (элементов), связанных между собой определенными отношениями и взаимодействующих так, чтобы обеспечить достижение определенной цели (решение задачи). Это не является окончательным определением понятия системы. В научной литературе есть много определений понятия системы, которые относятся как к общим так и к конкрет-

ным системам разных видов [3, 4, 5, 6, 7, 8] Например, система орудий обработки почвы, система транспортных средств перевозки пассажиров, система взглядов, система векторов.

Для системы характерны такие свойства:

а) заданные связи, которые существуют между элементами системы;

б) каждый из элементов в середине системы считается неделимым;

в) с окружающей средой система взаимодействует как единое целое.

Элемент - это самая простая неделимая часть системы, а его свойства определяются конкретной задачей. Элемент всегда связан с самой системой. Элемент сложной системы может быть в свою очередь сложной системой в другой задаче.

Подсистема - это составляющая системы, которая состоит из объединения элементов, но за масштабом меньше, чем система в целом.

Очень часто для простоты **систему** определяют как **комплекс функционально взаимосвязанных элементов**.

Из определения системы выходит, что ее обязательными компонентами являются элементы (объекты) и связи между ними. Процесс разделения системы на элементы (объекты, подсистемы) и само понятие элемента (объекта, подсистемы) весьма условные и относительные, поскольку любой элемент в свою очередь можно рассматривать как совокупность других элементов. Например, система перевозки пассажиров в городе, как ее подсистемы можно рассматривать: автобусная система перевозки пассажиров, трамвайная система перевозки пассажиров, система безопасности перевозки пассажиров на автотранспорте и так далее, которые в свою очередь выступая как системы, будут состоять из своих подсистем.

Поскольку все элементы, из которых состоит система определенным образом размещены и взаимосвязаны, то можно говорить о структуре системы.

Структура системы - это изображение элементов и связей между ними. Здесь рассматривается функциональная, техническая, организационная структура др. Предусматривается что система имеет два и больше уровней управления. Любая система имеет

иерархическую структуру управления, то есть ряд элементов, расположенных от более низких к более высоким в порядке подчиненности. Например: организационная структура Харьковского национального автомобильно-дорожного университета приведена на рис. 1.1.

Связь показывает взаимодействие элементов системы между собой и внешней средой. Здесь используются обобщенные оценки, например, связи направленные или ненаправленные, сильные или слабые, положительные или отрицательные. Связь однозначно характеризует структуру системы.

При анализе тех или других конкретных систем оказывается достаточным выделение ограниченного числа степеней иерархии. При этом системы низкого уровня являются подсистемами высшего уровня и так далее, вплоть до так называемой суперсистемы, которая находится на верхней ступени иерархической структуры. Например, экономическая система страны - суперсистема.

Как известно, современное производство характеризуется специализацией отдельных его частей, разделением труда и функций между подсистемами. И очень часто цель и задачи одного подразделения могут противоречить или входить в конфликт с целью и задачами другого подразделения. Например: при определении оптимальной прибыли от перевозок пассажиров для автотранспортного предприятия плановый отдел будет стремиться к проведению сокращений расходов; отдел снабжения - к увеличению закупок запчастей с целью ускорения ремонта автотранспорта, который приводит к увеличению расходов.

В этих условиях основным научным принципом анализа и синтеза больших систем становится системный подход, который заключается во взаимосвязанном рассмотрении работы всех элементов (подсистем) и системы в целом и их влиянию на конечный результат работы всей системы.

Таким образом, критерием выбора решения на любом из иерархических уровней является максимум эффекта для всей системы в целом (то есть системы наивысшего уровня, принятого к рассмотрению), а не для какой-либо отдельной части.

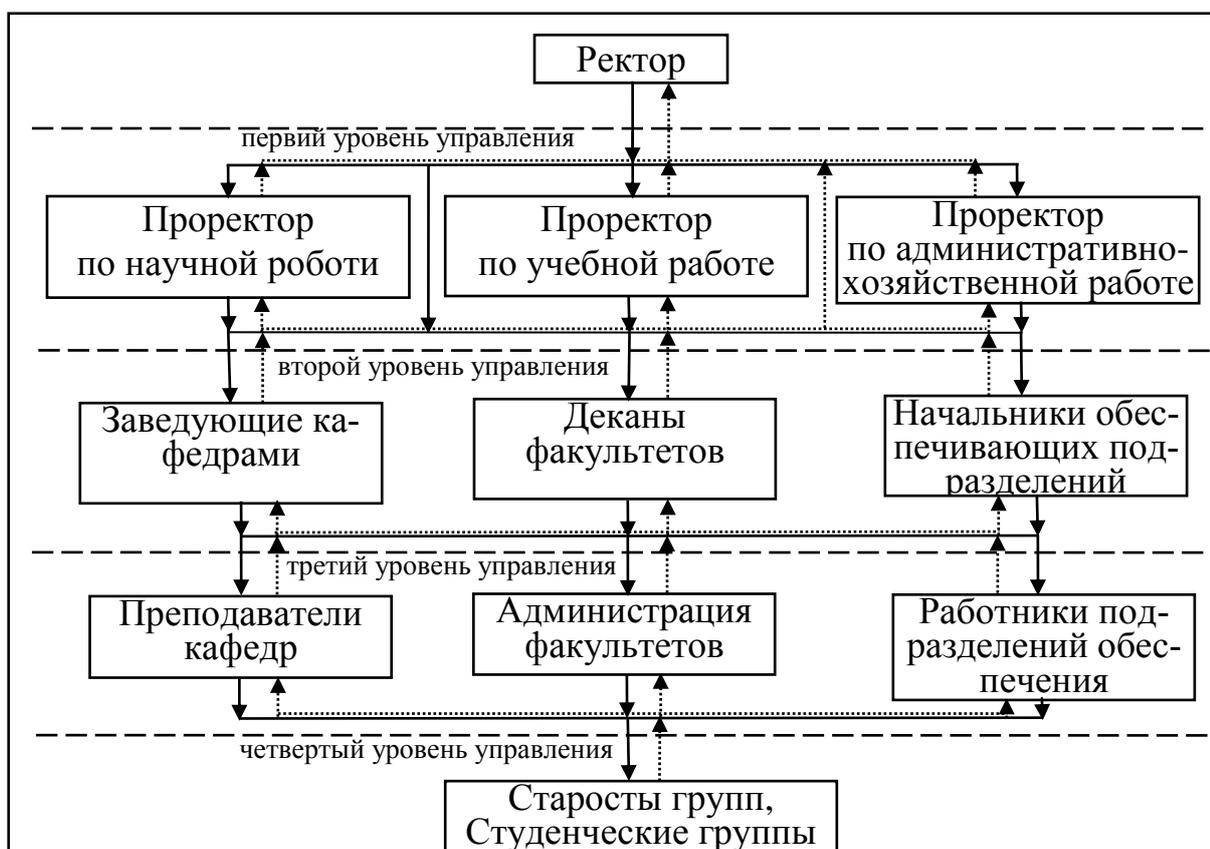


рис. 1.1. Организационная структура ХНАДУ

Состояние - это мгновенная оценка или фаза развития системы.

Равновесие - это определенное состояние системы, в котором она находится некоторое, или заданное время и в котором она выполняет свое функциональное назначение, невзирая на внешние или внутренние возмущения.

Поведение системы - это правила перехода из одного состояния в другой, или содержание равновесия при внешних или внутренних возмущениях (влияниях).

1.3 Классификация систем

Классификацию систем в системном анализе можно выполнять исходя из разных требований к самой системе или взаимодействию системы со средой, а также от поставленной цели самим исследователем относительно свойств системы, которые он хочет знать, или которые для него являются важными. При этом систему можно характеризовать одной или несколькими признаками.

Прежде всего можно определить свойство системы за сущно-

стью ее создания (происхождением) :

- **естественные**, которые существуют в объективной действительности (неживая, живая природа, общество). Примеры систем - солнечная система, гряда гор, популяция животных, общество.

- **концептуальные**, или идеализированные системы, которые отображают, реальную действительность, объективный мир. Сюда относятся: научные теории, научные законы, литературные произведения и тому подобное, то есть системы, которые за разной степенью отображают объективную реальность.

- **искусственные**, которые созданы человеком для достижения конкретной цели (технические или организационные).

При использовании системного анализа для задач синтеза и анализа систем используют такую классификацию систем по:

- **видом объекта** - технические, биологические, организационные и другие;

- **научным устремлением** - математические, физические, химические, и проч.;

- **видом формализации** – детерминированные, стохастические;

- **взаимодействием с окружающей средой** - открытые и закрытые;

- **сложностью** структуры и поведения - простые, большие, сложные;

- **степенью организованности** - хорошо организованные, плохо организованные (диффузные), с самоорганизацией;

- **развитием во времени** - статичные и динамические.

По **составу и структуре** – системы классифицируются на простые, большие и сложные.

Простая система - это система, функционирование которой (в рамках конкретной задачи) можно исследовать как что-то целое, без разбития ее на более мелкие подсистемы.

Большая система - это система, которую трудно исследовать без разбития ее на более простые подсистемы. После такого разбития функционирования подсистем можно исследовать практически независимо одна от другой.

Сложная система - это система, функционирование компонентов которой настолько взаимосвязано, что изолированное рас-

смотрение процессов их функционирования или просто невозможный, или приводит к ошибочным выводам.

Таким образом, большими и сложными называются системы с разветвленной структурой и значительным количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов и большим количеством информационных связей.

Открытые - это системы, в которых процессы определяются влиянием внешней среды и сами предоставляют на него существенное действие.

Закрытые - это системы, которые в процессе функционирования используют только ту информацию, которая производится внутри самой системы.

Статичные системы - это системы с одним возможным состоянием.

Динамические системы - это системы с множеством состояний, в которых со временем происходит переход из одного состояния в другое. Практически все системы являются динамическими.

Хорошо организованные системы - это такие, для которых можно определить отдельные элементы, связи между ними, правила объединения в подсистемы и оценить связи между компонентами системы и ее целями. Такие системы могут описываться в виде математических зависимостей, которые связывают цель и средства ее достижения, - критерием эффективности или оценками функционирования.

Решение задач анализа и синтеза в хорошо организованных системах осуществляется аналитическими методами. Примеры: солнечная система, которая описывает наиболее существенные закономерности движения планет; описание работы электронного устройства с помощью системы уравнений, которые учитывают особенности работы; аналитические модели объектов управления и проч.

Для отображения исследуемого объекта в виде хорошо организованной системы выделяют наиболее существенные факторы и отбрасывают второстепенные. В хорошо организованных системах используется, в основном, количественная информация.

Плохо организованные системы - системы, в которых трудно определить отдельные элементы и связи между ними. Закономерности

связей между элементами можно определить при получении статистических закономерностей и перенесению их на поведение системы с некоторыми показателями вероятности.

Характерным для этих систем является использование многокритериальных задач с многочисленными предположениями и ограничениями. Примеры: системы массового обслуживания, экономические и организационные системы.

В плохо организованных системах используется, в основном, качественная информация, в частности нечеткие множества.

С понятиями "хорошо организованная" и "плохо организованная" система тесно связаны термины "хорошо определенная" и "плохо определенная" система.

Эти системы могут называться также детерминированными и стохастическими.

Детерминированные - это системы, в которых переход из одного состояния в другое (то есть поведение системы) является определенным.

Стохастические - системы, в которых переход из одного состояния в другое (то есть поведение системы, или развитие) не является четко определенным и рассматривается как **случайный процесс**.

Системы с самоорганизацией - это системы, которые имеют четко определенную возможность адаптации к измене условий работы. Примером систем с самоорганизацией для управления техническими объектами являются адаптивные системы с эталонными моделями или идентификатором, который рассматривается в дисциплине "Теория автоматического управления".

В последние годы сформировалось новое направление прикладного системного анализа - синергетика (от греческого synergos - вместе действующие, физиол. мышцы, работающие вместе) - наука об общих процессах самоорганизации в сложных не равновесных структурах, которая выдвигает научные объяснения процессов неравновесной упорядоченности, например в экономической реальности.

Следует также выделить **социально - экономические системы** - комплексные структуры, которые состоят из экономических, производственно-технических и социальных подсистем, они имеют разную цель (например: город, организация, предприятие), но явля-

ется очень важными для обеспечения жизнедеятельности людей.

1.4 Свойства систем

Одна из главных концепций системного анализа есть поиск и использование соответствий между разными системами. Для поиска соответствий можно выделить группу свойств, которые характеризуют похожие системы [5,6]:

- сущность и сложность систем;
- связь систем с внешней средой;
- целенаправленность систем;
- параметры развития и функционирования систем.

Остановимся на важнейших свойствах систем [9].

Целостность и делимость. Система есть, прежде всего, целостной совокупностью элементов. Это значит, что, с одной стороны, система - это целостное образование, а из другого - в ее составе четко могут быть выделены отдельные целостные объекты (элементы). Но не компоненты образуют целое (систему), а наоборот, при разделении целого выявляют компоненты системы. **Первичность целого - главный постулат теории систем.**

Неадитивность системы (эмерджентность). Свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью. Функционирование системы не может быть возведено к функционированию отдельных ее компонентов. Совокупное функционирование взаимосвязанных элементов системы порождает качественно новые функциональные свойства системы. Отсюда вытекает важный вывод: система не сводится к простой совокупности элементов; разделяя систему на части, исследуя каждую из них отдельно, невозможно познать все свойства системы в целом. Это свойство еще называют системным, или интегративным.

Синергетика - (от грец. synergetikos - общий, согласованный, действующий), научное направление, которое изучает связи между элементами структуры (подсистемами), которые образуются в открытых системах (биологических, физико-химических, экономических и других) благодаря интенсивному (потокосовому) обмену веществами и энергией с окружающей средой при неравновесных условиях. Теоретические принципы синергетики - термодинамика неравновесных процессов, теория случайных процессов, теория не-

линейных колебаний и волн.

Направленность процессов самоорганизации обусловлена внутренними свойствами объектов (подсистем) в их индивидуальном и коллективном проявлении, а также влияниями со стороны среды, в которой находится система. Но поведение элементов (подсистем) и системы в целом существенно характеризуется спонтанностью - акты поведения не являются строго детерминированными.

Иерархичность системы - это сложность структуры системы, которая характеризуется такими показателями, : количеством уровней иерархии управления системой, многообразием компонентов и связей, сложностью поведения и т. п. Иерархичность системы также заключается в том, что систему можно рассматривать как элемент системы высшего порядка (сверх системы), а ее элементы - как системы.

Взаимозависимость между системой и внешней средой. Система формирует и проявляет свои свойства при взаимодействии с внешней средой. Она развивается под воздействием внешней среды, но при этом пытается сохранить качественную определенность и свойства, которые обеспечивают относительную стойкость и адаптивность ее функционирования.

Уровень самостоятельности и открытости системы определяется такими показателями: количеством связей системы с внешней средой в среднем на один ее элемент или другой параметр; интенсивностью обмена информацией или ресурсами между системой и внешней средой; степенью влияния других систем.

Целенаправленность системы означает наличие у нее цели.

Надежность системы (например, организации) характеризуется, в частности: бесперебойностью функционирования системы при выходе из строя одного из компонентов; финансовой стойкостью и платежеспособностью организации; перспективностью введенной экономической, технической, социальной политики

Размерность системы - количество компонентов системы и связей между ними. Эти показатели характеризуют также сложность системы.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

1. Описать исторические вехи развития системного анализа.
2. Дать определение основных терминов и понятий, которые используются в системном анализе.
3. Классифицировать системы за сущностью их создания.
4. Классифицировать системы по взаимодействию с внешней средой.
5. Дать толкование понятиям : целостность, делимость систем.

ВОПРОС ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. В каком направлении изменялось понятие смысла слова система?
2. Что понимают под понятием целое в конце 19-го века?
3. Кем были сделаны первые попытки разработать общие принципы системного подхода ?
4. Кто первым сформулировал программу построения общей теории систем (ОТС)?
5. Какие свойства систем относятся к основной совокупности системных принципов?
6. Какие свойства систем берутся во внимание при классификации систем?
7. Какие группы свойств характеризуют сходство систем?
8. Что утверждает главный постулат теории систем?

Министерство образования и науки Украины

ХНАДУ

Кафедра Информационных технологий и мехатроники

Дисциплина "Основы системного анализа"

Лекция № 2

Тема: ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ЭТАПЫ
СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Цель: Ознакомиться с основными задачами и методами системного анализа, назначением и методом построения дерева целей с задачами анализа и синтеза систем

Время: 2 часа

Место проведения : Аудитория №

План

Вступление

- 2.1. Основные задачи системного анализа
- 2.2. Основные методы и этапы системного анализа
- 2.3. Метод построения дерева целей
- 2.4. Анализ и синтез систем

г. Харьков
2014г.

2.1 Основные задачи системного анализа

Главное задача системных исследований - поиск эффективных методов и средств исследования и управления объектами и их взаимодействия с внешней средой. К основным задачам, которые решаются с помощью системного анализа и теории систем, можно отнести такие:

- выявление и четкая формулировка проблемы (задачи) в условиях неопределенности;
- определение или выбор оптимальной структуры систем;
- выявление цели функционирования и развития систем;
- изучение организации взаимодействия между подсистемами и элементами;
- учет влияния внешней среды;
- влияние системы на внешнюю среду;
- выбор оптимальных алгоритмов функционирования систем.

При этом используются принципы:

Принципы системного подхода - это положения общего характера на которых опирается общая теория систем и системный анализ.

Главными принципами системного подхода являются принцип системности и принцип изоморфизма.

Принцип системности отражает всеобщность взглядов на объекты, явления и процессы мира как на системы со всеми присущими системам закономерностями.

Этот принцип говорит о том, что необходимо исследовать собственно систему, ее подсистемы и элементы, а также рассматривать систему как элемент системы высшего порядка.

Принцип изоморфизма будет постулировать наличие однозначного (изоморфизм) или частичного (гомоморфизм) соответствия структуры одной системы структуре другой, что дает возможность моделировать одну систему с помощью другой, подобной в некотором отношении.

Оба этих принципа подчеркивают наличие общих системных закономерностей, но они не исключают специфику строения, функционирования и движения систем разных типов. Среди других важных принципов следует заметить такие:

- **принцип конечной цели** : абсолютный приоритет конеч-

ной цели системы;

- - **принцип иерархии** : полезное видение иерархии элементов и их ранжирование, полезное выделение модулей (подсистем) в системе и рассмотрение системы как совокупность подсистем;

- - **принцип функциональности** : общее рассмотрение структуры и функции системы с приоритетом функции над структурой;

- - **принцип развития** : учет динамичности системы, ее способности к развитию, расширению, накоплению информации, учета неопределенности и случайности при функционировании системы.

Следовательно, целью теории систем и системного анализа является отыскание принципов, общих для разных сложных объектов, на основе установления эмпирическими исследованиями их изоморфизма, функций и динамики.

2 Основные методы и этапы системного анализа

Методики системного анализа направлены на формализацию процесса исследования системы, процесса постановки и решения проблемы.

Общим для всех методик системного анализа является осмысление сущности и основной цели жизнедеятельности системы, формирования вариантов представления системы (процессу решения задачи) и выбор лучшего варианта. На каждой стадии исследования, от интуитивной постановки проблемы к выбору оптимальных решений с помощью строгих математических методов, используются разнообразные научные методы и приемы, которые состоят из неодинакового количества этапов анализа, содержание которых зависит от сложности решаемых заданий.

Методы системного анализа объединяют: математические методы, компьютерные технологии, теории автоматического управления, исследования операций, которое приводит к объективной необходимости привлекать знание из разных наук.

Для описания поведения систем используются методы: **теории информации и принятия решений**. В теории систем традиционные математические методы (дифференциальные, интегральные уравнения и так далее) не позволяют полностью описать реальные процессы в сложных системах, потому рядом с количественной информацией используется качественная информация, в частности, **теория**

нечетких множеств - четко структурированные задачи, в которых используется лишь количественная информация, замещаются слабо структурированными или неструктурированными, вводится понятие лингвистической переменной.

В общем виде системное исследование проблемы состоит из таких этапов:

- формулировка проблемы;
- определение цели;
- формулировка критериев;
- определение имеющихся ресурсов для достижения цели;
- генерация альтернатив и сценариев.

Системное исследование произвольной проблемы начинается из формулировки и описания проблемной ситуации [8]. Предыдущая формулировка проблемы является достаточно приближенной и может существенно отличаться от того, которым в действительности должен быть рабочий вариант сформулированной проблемы. Формулировка проблемы осуществляется на вербальном (словесному) уровне и, как правило, является достаточно расплывчатым.

Например, руководителя предприятия могут интересовать такие проблемы: "Как повысить эффективность работы предприятия?", "Как увеличить объемы доходов?", "Какой выбрать инвестиционный проект"? и тому подобное.

К произвольной проблеме необходимо относиться не как к изолированной, а как к комплексу взаимоувязанных проблем. Поэтому после выявления проблемы необходимо осуществить ее расширение к проблематике, то есть выявить другие проблемы, которые связаны с исследуемой и без учета которых она не может быть решена.

Для выявления и структуризации тяжелых для понимания и нечетко сформулированных проблем, которые характеризуются большим количеством и сложным характером взаимосвязей, применяется дерево анализа проблемы. Дерево проблемы, как правило, включает такие основные компоненты:

- что необходимо исследовать и разработать? Из каких элементов состоит система?
- что должно решить поставленное задание?
- как система функционирует и как она взаимодействует с дру-

гими системами?

Для расширения проблемы необходимо рассматривать как над, так и подсистемы относительно системы, для которой сформулирована исходная проблема, с целью выявления основных факторов, которые влияют на исследуемые процессы или систему, и определения отношений между ними. Эти первые этапы являются важнейшими, поскольку правильное решение произвольной проблемы зависит прежде всего от того, насколько правильно выяснено, в чем в действительности она заключается и в чем заключается ее сложность.

Для расширения проблематики при анализе организационных систем определяют перечень заинтересованных сторон, к которым относят, :

- заказчика;
- лиц, которые принимают решение;
- участников (как активных - тех, чьи действия необходимые для решения проблемы, так и пассивных - тех, на ком отразятся последствия);
- системных аналитиков (для минимизации их влияния на другие заинтересованные лица).

Каждая из заинтересованных сторон имеет свое виденье проблемы и свое отношение к ней. Формирование проблематики заключается в определении того, какие изменения и почему желает внести каждая из заинтересованных сторон.

На следующем этапе нужно определить цель, потому что как формализованные, так и слабо структурированные проблемы необходимо возвести к такому виду, когда они становятся заданиями отыскания соответствующих средств для достижения заданной цели. Когда идет речь о цели, то следует выяснить, чего мы в действительности желаем.

Существует опасность подмены цели средствами, если субъект, цель которого необходимо выявить, сам ее четко не осознает.

3 Метод построения дерева целей

На практике, как правило, существует несколько целей и потому важно, кроме определения главной цели, не выпустить некоторые из существенных среди других. Для этого применяют метод по-

строения дерева целей, который был предложен в 1957 году группой американских ученых и успешно использовался.

Под деревом целей понимают иерархическую древоподобную структуру, которая получается разделением общей цели на подцели, а их, в свою очередь, на более детальные составляющие, новые подцели, функции и тому подобное [9].

Если все эти элементы изобразить графически, то получим "дерево целей", изображенное "кроной" книзу (рис. 2.1). При этом главную цель размещают на наивысшем уровне.

Преимуществом этого метода является то, что он делает возможным разделение сложного задания, которое трудно формализовать, на совокупность более простых заданий, для решения которых существуют проверенные приемы и методы. Последовательное разделение решаемой проблемы на ее части - подпроблемы является важным этапом системного анализа проблем. Деление продолжают до тех пор, пока не получают простые, привычные, очевидные задания, которые можно решить известными методами.

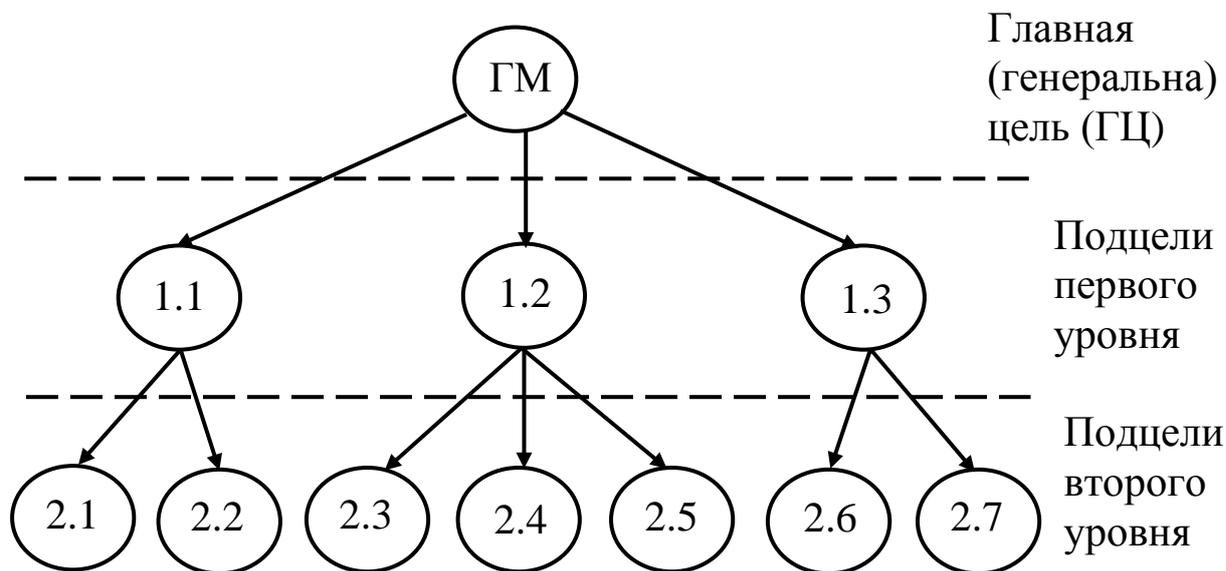


Рис. 2.1. Граф дерева целей

Метод построения дерева целей представляет собой один из самых распространенных и самых эффективных способов анализа слабо структурированных заданий, которые стоят перед исследователем системы. Древоподобные иерархические структуры используются и при исследовании и усовершенствовании организацион-

ных структур.

Например, организация, которая строит дороги поставила целью для себя, - уменьшить расходы на строительство дорог это будет главная цель - ГМ. Для этого ей необходимо рассмотреть несколько подцелей, которые могут способствовать достижению цели. Подцелями первого уровня могут быть: 1.1 - уменьшение расходов на оплату труда; 1.2 - уменьшение расходов на приобретение материалов и технических средств; 1.3 - уменьшение расходов на проектные работы т. п.

На втором уровне для достижения цели 1.1 можно определить следующие подцели: 2.1 - повысить производительность труда; 2.2 - нанимать менее квалифицированных рабочих. Потом для каждой подцели второго уровня осуществляется разделение на подцели третьего уровня и т. д. пока не будут получены простые элементы, которые не могут быть дальше разбиты на другие цели. Это только пример, чтобы можно было представить, как строится граф дерева целей.

При построении дерева целей необходимо, с одной стороны, осуществлять исследование целей заинтересованными в решении проблемы сторонами, а из другой - предусматривать возможность уточнения целей, их расширения или изменения. В этом заключается одна из главных причин итеративности системного анализа.

Следовательно, в рамках этого этапа исследователю надо:

- четко определить цели, достижение которых способствует решению выявленной проблемы; выявить информацию о параметрах системы и внешней среды, которые необходимо учитывать;
- как будет решаться проблема.

Следует помнить, что выбор неправильных целей приведет не столько к решению существующей проблемы, сколько к возникновению новых проблем.

- определить совокупность допущений и ограничений, в рамках которых на следующем этапе необходимо определить критерии и ограничения.

Под критериями понимают количественные показатели качественных целей, которые должны точнее их характеризовать. Критерии должны как можно точнее отвечать целям, хотя и не могут полностью совпадать с ними, поскольку они фиксируются в разных

шкалах измерения :

цели - в номинальных, а критерии - в шкалах, которые предусматривают упорядочивание.

Самыми распространенными и важными критериями при анализе эффективности функционирования экономических систем (например, предприятий) является прибыль, себестоимость продукции, объемы производства и сбыта, качество, надежность и конкурентоспособность продукции, эффективность управления и тому подобное.

При формировании критериев главным является не их количество, а то, насколько полно они характеризуют цель. Поэтому здесь стремятся к компромиссу между полнотой описывания целей и количеством критериев. Для полноты описывания проблемной ситуации необходимо рассматривать три взаимодействующих системы:

- систему, в которой существующая ситуация рассматривается как проблема;

- систему, в рамках которой можно повлиять на проблему для ее решения;

- внешняя среда, в которой существуют и с которым взаимодействуют эти две системы.

Необходимо учитывать, что характер целей этих трех систем существенно отличается: для первой системы необходимо решить проблему, для второй главная цель заключается в решении проблемы с наименьшими расходами ресурсов, при этом необходимо учитывать влияние внешней среды.

4 Анализ и синтез систем

В научных исследованиях большую роль играют методы анализа и синтеза.

Суть аналитического метода Декарт в XVII ст. формулировал так: разбить задачу на столько частей, сколько необходимо для того, чтобы ее легко можно было решить.

Анализ (др.-греч. ἀνάλυσις - разложение, расчленение) - операция мысленного или реального расчленения целого (вещи, свойства, процесса или отношения между предметами) на составные части, выполняемая в процессе познания или предметно-практической деятельности человека.

В дополнение к синтезу, метод анализа позволяет получить необходимую информацию о структуре объекта исследования, а также выделить из общей массы фактов те, которые непосредственно относятся к рассматриваемому вопросу.

Успешность и значение анализа заключается не только в том, что целое можно разложить на достаточно простые части, но и в том, что, объединяя, синтезируя, можно создать целое.

Синтез - процесс соединения или объединения ранее разрозненных вещей или понятий в целое или набор. Термин происходит от др.-греч. σύνθεσις - соединение, складывание, связывание (συν- - приставка со значением совместности действия, соучастия и θέσις - расстановка, размещение, распределение, (место) положение). Синтез есть способ собрать целое из функциональных частей как антипод анализа - способа разобрать целое на функциональные части. Возможен синтез решений. В кибернетике процесс синтеза тесно связан с процессом предшествующего анализа. Синтез - инженерное построение сложных систем из предварительно подготовленных блоков или модулей разных типов. Низкоуровневое, глубокое структурное объединение компонентов разных типов. С точки зрения теории познания, синтез представляет собой необходимый этап проявления познавательной деятельности сознания. В совокупности с анализом, метод синтеза позволяет получить представления о связях между составляющими предмета изучения.

Анализ и синтез дополняют, но не заменяют друг друга.

В философском понимании анализ и синтез являются методами познания действительности.

Декомпозиция - это представление системы в виде объединения простых элементов, каждый из которых выполняет свои функции в данной системе и которые сравнительно легко можно описать или представить.

Декомпозиция, как процесс расчленения, позволяет рассматривать любую исследуемую систему как сложную, состоящую из отдельных взаимосвязанных подсистем, которые, в свою очередь, также могут быть расчленены на части. В качестве систем могут выступать не только материальные объекты, но и процессы, явления и понятия.

Операция декомпозиции представляется как сопоставление

объекта анализа с некоторой моделью, как выделение того, которое отвечает элементам модели системы взятой за основу при синтезе системы.

Агрегация или агрегирование (лат. *aggregatio* - присоединение) - процесс объединения элементов в одну систему, которое называется агрегатом. Агрегирование дает возможность превращать совокупность отдельных элементов системы в систему с заданной структурой и функциями или функцией, а также при моделировании систем отображать и превращать сложную модель системы в более простую или многомерную модель - в модель меньшей размерности.

В более узком понимании анализ системы заключается в ее декомпозиции с дальнейшим определением статических и динамических характеристик ее элементов, которые рассматриваются во взаимодействии с другими элементами системы и внешней средой.

Синтез системы заключается в ее создании (проектировании, организации, оптимизации) через определение статических и динамических характеристик, которые должны обеспечивать в совокупности максимальное соответствие системы поставленным заданиям.

Рассмотрим главные задания, которые решаются с помощью анализа и синтеза систем [11].

На этапе декомпозиции системы осуществляется:

- определение и декомпозиция общей цели исследования и главной функции системы как ограничение в пространстве состояний системы или в области допустимых ситуаций. Чаще всего декомпозицию выполняют построением дерева целей и дерева функций;

- выделение системы со среды (разделение на "систему" и "не систему");

- описание влиятельных факторов;

- описание тенденций развития;

- описание системы как "черного ящика" (см. раздел 4, подраздел 2.4);

- функциональная (за функциями), компонентная (по типу элементов), структурная (по типу отношений между элементами) декомпозиция системы.

Глубина декомпозиции - количество уровней дерева целей -

определяется целью исследования системы. Анализ и синтез систем могут осуществляться в таких аспектах:

- структурном;
- функциональном;
- информационном;
- параметрическом.

Структурный анализ проводится с целью исследования статических характеристик системы выделением в ней подсистем и элементов разного уровня и связей между ними. То есть объектами исследования структурного анализа являются разные возможные варианты структуры системы.

Целью структурного синтеза является разработка (создание, проектирование, реорганизация, оптимизация) системы, которая должна иметь определенные свойства. *Структурный* синтез выполняется для обоснования множества элементов структуры, отношений и связей между ними.

Функциональный анализ проводится с целью определения динамических характеристик системы через исследование процессов изменения ее состояний со временем на основе принятых алгоритмов (способов, методов, принципов) ее функционирования. В пределах функционального анализа исследуются алгоритмы и методы управления системой (формулировка цели управления, сбор и обработка информации, принятия решений, планирования, организация и контроль выполнения решений и тому подобное).

Целью функционального синтеза является обоснование оптимальных характеристик процессов функционирования системы, то есть ее состояний в будущем в соответствии с поставленными перед системой целями.

Информационный анализ направлен на исследование качественных и количественных характеристик информационных процессов в системе. При этом изучают:

- сбор и восприятие информации (эти процессы характеризуют взаимодействие системы с внешней средой);
- обмен информацией между отдельными подсистемами;
- анализ, обрабатывание, создание новой информации;
- использование информации;
- обмен информацией с внешней средой.

Заданием информационного синтеза является обоснование необходимого объема и форм представления информации, методов и средств ее передачи, обработки, хранения. Информационный синтез дополняет задание информационного анализа, который осуществляется с целью определения необходимых количественных и качественных характеристик информации, используемых в процессе функционирования системы.

Параметрический анализ - заключается в определении необходимой и достаточной совокупности обобщенных и частичных показателей, которые образуют иерархическую структуру и должны характеризовать самые существенные свойства системы.

Сущностью параметрического синтеза является обоснование необходимой и достаточной совокупности показателей, которые дают возможность оценить создаваемые свойства системы и ее общую эффективность.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

1. Опишите, зачем и когда используется дерево анализа проблем.
2. Объясните, какие задачи стоят перед исследователем при построении дерева целей.
3. Дайте обзор аспектов, в которых может осуществляться анализ и синтез систем.
4. Опишите в чем заключается сущность параметрического анализа.

ВОПРОС ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие принципы теории систем являются важнейшими, базовыми принципами, на которые опирается общая теория систем и системный анализ?
2. В чем заключается главное задание системных исследований?
3. Что является общим для всех методик системного анализа?
4. Методы каких дисциплин используются в методах системного анализа?
5. Из каких общих этапов состоит системное исследование проблемы?
6. Что понимают под методом построения дерева целей?
7. В чем заключается суть аналитического метода?
8. В чем заключается суть синтезного метода?
9. В чем заключается структурный анализ систем?
10. В чем заключается функциональный анализ систем?
11. В чем заключается информационный анализ систем?
12. В чем заключается параметрический анализ систем?

**Министерство образования и науки Украины
ХНАДУ**

Кафедра Информационных технологий и мехатроники

Основы системного анализа

Лекция № 3

Тема: Краткие сведения из теории множеств

Цель: Ознакомиться с основными терминами и операциями с множествами.

Время: 2 часа

Место проведения: Аудитория №

План

Вступление

1. Понятие множества
2. Способы задания Мн
3. Отношения между Мн
4. Операции над множествами

г. Харьков

2014 г.

Понятие множества

Множеством называется совокупность (собрание, класс, семейство) объектов любой природы, называемых элементами.

Элементами множества могут быть: люди, реки, изделия, точки в пространстве и т.п.

Как правило множества обозначаются прописными латинскими буквами: А, В, С, D, E, X, Y а элементы множеств (Mn) строчными a, b, c, d, e, x, y, ……

Если элемент “у” принадлежит Mn E , то это обозначается $y \in E$, не принадлежит $y \notin E$, пустое множество $E = \emptyset$.

Множества, элементами которых есть числа называются числовыми и обозначаются:

N-множества (Mn) всех натуральных чисел

C-Mn всех целых чисел

R-Mn рациональных чисел

D-Mn всех вещественных(действительных) чисел

Способы задания Mn

Mn может быть задано непосредственно перечислением его элементов:
Например, $A = \{2, 4, 6, 8\}$

Mn может быть задано указанием характерного (ограничительного) свойства.

Например, множество X, определяемое некоторым характеристическим свойством P обозначим следующим образом $X = \{x \mid P\}$ (элементы Mn X обладают свойством P)

Эта запись означает, что множество «X» образуют те элементы (объекты) x, которые обладают свойством P.

Например $X = \{x \in D \mid x > 0\}$

Отношения между Mn

Подмножество-если все элементы Mn X является также элементами Mn Y, говорят, что X подмножество Mn Y или Mn Y включает Mn X $X \subset Y$ или $Y \supset X$.

Частным случаем включения является равенство. Два Mn является =, если они состоят из одних и тех же элементов $X = Y$, если $X = \{a, b, c\}$ и $Y = \{a, b, c\}$

Операции над множествами

Объединение: А и В два произвольных Mn, объединением будет множество элементов принадлежащих либо А, либо В, либо как А так и В т.е.

$$A \cup B = \{x / x \in A \text{ или } x \in B\}$$

Пример пусть $A = \{a, b, c\}$; $B = \{a, b, d, e\}$ Тогда $A \cup B = \{a, b, c, d, e\}$

Наглядное представление дает так называемая диаграмма Эйлера-Венна на котором объединение заштриховано:

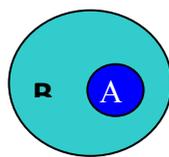


Пересечение обозначается $A \cap B$, называется множество всех элементов принадлежащих как A так и B .

$A \cap B = \{x / x \in A \text{ и } x \in B\}$ диаграмма Эйлера-Венна.



Очевидно, если $A \cap B = \emptyset$, то M_n не имеют общих элементов. С другой стороны, если $A = A \cap B$, может быть только тогда, когда $A \subset B$ (B включает A).



Разность (вычитание) обозначается $A \setminus B$ - называется M_n элементов A не принадлежащих B , т.е. $A \setminus B = \{x \in A \text{ и } x \notin B\}$, аналогично $B \setminus A = \{x \in B \text{ и } x \notin A\}$,



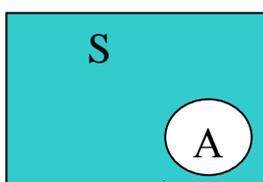
Пример, $A = \{a, c, z, w\}$ $B = \{a, y, w, t\}$ Тогда $A \setminus B = \{c, z\}$, $B \setminus A = \{y, t\}$

В тех случаях, когда рассматривается ряд A, B, C и все они являются подмножествами S , то S называется основным универсальным.

Если $A \subset S$ то разность $S \setminus A$ называется дополнением множества A до множества S и обозначается \bar{A} . Определение дополнения можно записать:

$$\bar{A} = \{x | x \in S \text{ и } x \notin A\}$$

Геометрически Это можно интерпретировать следующим образом:



Министерство образования и науки Украины

ХНАДУ

Кафедра информационных технологий и мехатроники

Лекция № 4

Основы системного анализа

Тема: Моделирование систем

План

1. Понятие модели. Типы моделей.
2. Организационные принципы описания моделей систем
 - 2.1 Уровень абстрагирования при описании систем
 - 2.2 Вербально-информационный принцип описания системы
 - 2.3 Описание системы с помощью модели типа жизненный цикл
 - 2.4 Описание системы с помощью модели типа черного ящика*
 - 2.5 Описание системы с помощью графического типа модели
 - 2.6 Описание системы с помощью модели типа графы
- 3 Математические модели систем
 - 3.1 Формальная математическая модель системы
- 4 Две области применения математических методов
5. Характеристика математических методов моделирования систем

г. Харьков
2014г.

1 Понятие модели. Типы моделей

Модель происходит от латинского слова *modulus* – образец.

Анализ любой системы связан, как правило, с наблюдением и экспериментом. Для этого создаются модели, чтобы с их помощью можно было выполнить количественное исследование модели в различных условиях, и таким образом получить представление, как будут действовать в подобных условиях реальные системы.

Поэтому наиболее удобным и правильным методом решения задач с помощью системного анализа является метод моделирования, т. е. Создание модели систем или объектов и изучение их работы. Этот метод является основным для изучения сложных систем.

Модель – это специально создаваемый объект, на котором воспроизводятся вполне определенные характеристики реального исследуемого объекта (процесса) с целью их использования для управления или изучения объекта.

Моделирование является важным инструментом научной абстракции, позволяющим выделить, обосновать и анализировать существенные для данного исследования характеристики объекта, его свойства, взаимосвязи, структурные и функциональные параметры.

Для различных целей исследования можно строить различные модели того же объекта. Поэтому цель определяет, какие черты оригинала должны быть отражены в модели. Итак, вопрос о качестве такого отображения - адекватности модели, ее реальность - правомерно решать лишь относительно поставленной цели. Модели могут классифицироваться по различным признакам:

- по назначению модели - то есть, какие свойства системы будет воспроизводить модель;

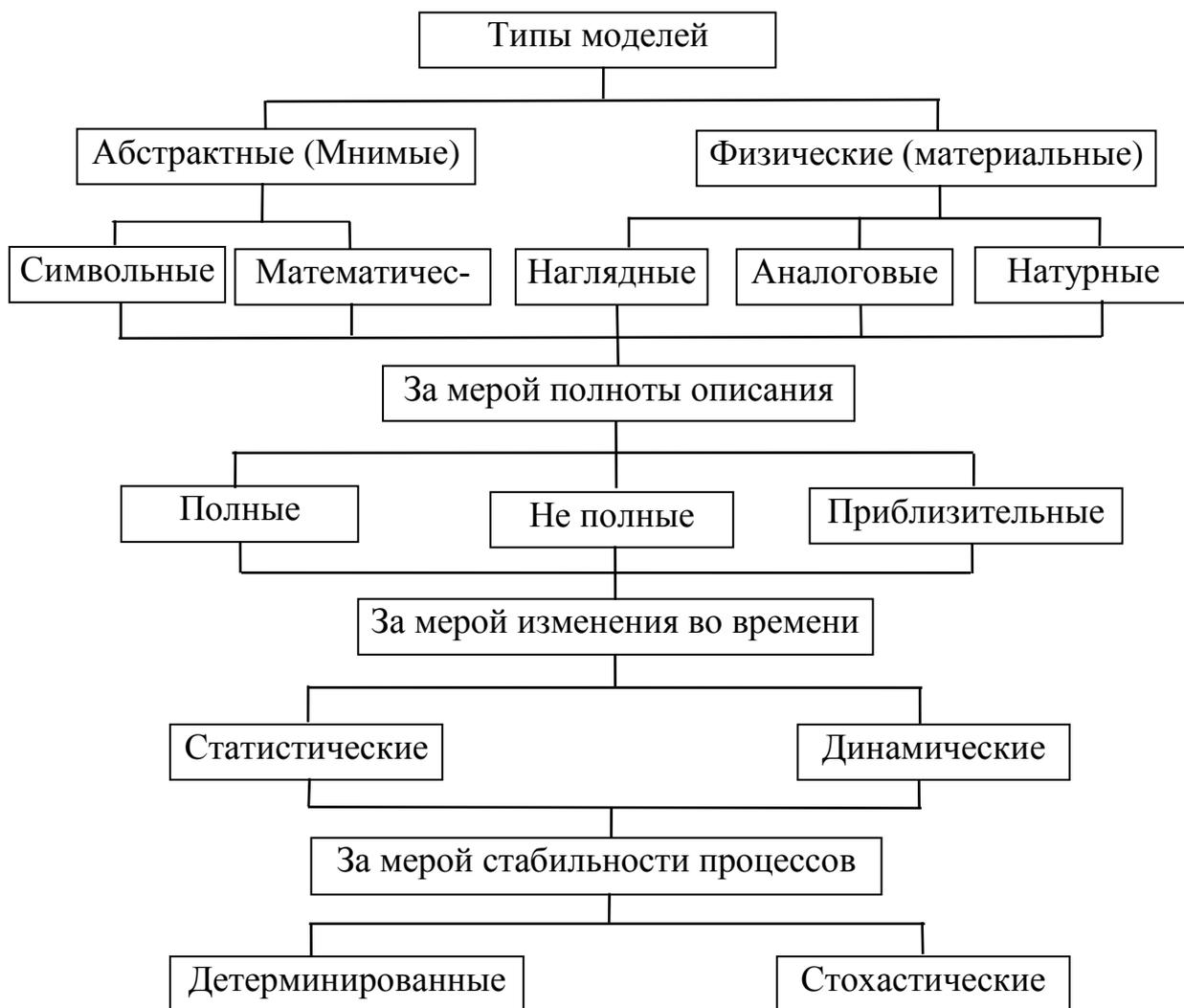
- по методу построения - то есть, что использовалось для построения модели;

- по рассмотрению во времени - статические или динамические и т. п. Мы рассмотрим классификацию моделей с точки зрения использования средств, с помощью которых они реализованы рис. 4.1

Физические (материальные) - это модели, которые сконструированы человеком искусственно, или взяты из природы в качестве образцов. Сюда относятся:

- наглядные** - модели отражают, главным образом, структуру

или геометрические характеристики оригинала. Например: макет



здания, чертеж детали, макет самолета. Эти модели, как правило, уменьшенные копии реальных объектов той же физической природы ;

Рисунок 4.1 Классификация моделей систем

аналоговые - эти модели используют сходство некоторых физической них процессов, протекающих в оригинале и модели. Так разряд электрического контура моделирует колебания маятника, аналоговые вычислительные машины моделируют технологические процессы и т.п.

натурные - это модели где исследования проводят на реальном объекте, или его уменьшенной копии с последующей обработкой результатов эксперимента на основе теории подобия .

абстрактные (мнимые) - это модели, созданные в форме мысленных образов в голове исследователя, теоретика. Они представлены типами:

символьные - это модели, созданные в результате изучения собственно системы и их описания с использованием уравнений, графиков функций, графов и т. п.

математические - модели, описывающие систему, на каком то формализованном языке и которые позволяют делать выводы о поведении системы с помощью формальных преобразований, выполняемых над этим описанием.

Все вышеперечисленные модели могут подразделяться :

- за полнотой описания системы - **модели полные, неполные, приближенные.**

Полные модели адекватны объекту в пространстве и времени. Для **неполного** моделирования эта адекватность не сохраняется. При **приближенном** моделировании учитываются только важнейшие аспекты системы;

- по мере изменений во времени на **статические** и **динамические**. **Статические** модели применяются для описания состояния системы в фиксированный момент времени. **Динамические** для описания поведения систем в течение отрезка времени.

- по степени стабильности процессов на **детерминированные** и **стохастические**.

Детерминированные модели отражают процессы, для которых характерно отсутствие случайных воздействий.

Стохастические учитывают случайные процессы и события.

Информационные (кибернетические) модели связаны с построением моделей , воссоздающие информационные связи между подсистемами в середине системы и с внешней средой. А также отражают влияние информационных данных на поведение системы. Для построения модели необходимо выделить исследуемую функцию реального объекта и попытаться формализовать ее через отдельные операторы связи между входом и выходом.

Структурные модели базируются на специфических особенностях структур определенного вида, которые используют для формализованного описания систем (теоретико-множественных, лингвистических) специфических подходов к моделированию.

Структурное моделирование включает:

- методы сетевого моделирования;
- структурный подход к формализации структур разных типов (иерархических , матричных) на основе теоретико-множественного их представления и понятия номинальной шкалы теории измерения;
- сочетание методов структуризации с лингвистическими.

Ситуационные модели базируются на модельной теории мышления, в рамках которой можно описать основные механизмы регулирования процессов принятия решений. Основой построения ситуационной модели является описание объекта в виде совокупности элементов, связанных между собой определенными отношениями, которые отражают семантику предметной области . Модель объекта имеет многоуровневую структуру и представляет собой информационных контекст, на фоне которого осуществляются процессы управления.

Сравнение классификаций систем и моделей приводит к выводу об их принципиальное сходство. Это обусловлено тем, что модель представляют собой специфическую разновидность системы , создаваемой человеком специально для решения исследовательских задач.

Мы будем рассматривать, в основном, использование математических моделей.

Математической моделью называют описание свойств системы на каком-либо формальном языке, позволяющее делать выводы о поведении системы с помощью. Формальных преобразований, производимых над этим описанием.

Математическое моделирование является наиболее современным и, вместе с тем, наиболее эффективным методом моделирования.

Математические модели (ММ) подразделяются на: аналитические и имитационные, детерминированные и стохастические (вероятностные), фенологические и асимптотические.

Этот перечень можно было бы продолжить, но мы ограничимся данной классификацией.

Аналитические ММ описывают систему (объект) отношениями-функциями в явной или неявной форме (диф. ур-я, интегр. ур-я, операторы) таким образом, что возможно непосредственно с помо-

щью соответствующего математического оператора сделать необходимые выводы о самой системе и ее свойствах.

Имитационные ММ – совокупность программ для ЭВМ, с помощью которых воспроизводятся алгоритмы и процедуры, описывающие процесс функционирования исследуемой системы.

Детерминированные ММ описывают вполне определенные процессы, течение которых можно полностью представить, если известны начальные условия и закономерности протекания этих процессов.

Стохастические ММ используют для описания случайных процессов, течение которых описывается законами распространения вероятности соответствующих случайных величин и однозначно предсказано быть не может.

Фенологические ММ – модели, полученные в результате прямого наблюдения явления или процесса, в результате его непосредственного изучения или осмысления.

Асимптотические ММ – модели, полученные как частный случай из некоторой более общей модели (в результате дедуктивного процесса).

Выводы.

Составление моделей – это попытка понять процесс, поэтому их нельзя считать неизменными. Здесь уже не идет речь об абсолютной категории, одни и те же аспекты рассматриваемой системы можно описывать различными моделями, одновременно имеющими право на существование.

Поэтому, основная задача состоит в том, чтобы построить (или выбрать) модель, адекватную поставленной задаче исследования. Конечной же целью разработки ММ является прогноз результатов при тех или иных воздействиях на параметры системы.

2 Организационные принципы описания моделей систем

Сложную систему, как правило, невозможно "охватить" полностью. Процесс деления системы на уровни, характеризующие технологические, информационные, экономические и другие аспекты ее функционирования называют стратификацией системы, а сами уровни – стратами. На каждой страте в иерархии структур есть свой собственный набор переменных, которые позволяют в значи-

тельной мере ограничиться исследованием только одного аспекта системы, одной стратой. Независимость страт дает возможность глубже и детальнее исследовать системы, хотя предположения об их независимости может привести к неполному пониманию поведения системы в целом.

Пример 1. Производственный комплекс (рис. 4.2 .). Этот комплекс моделируется, как правило, на трех стратах:

- на производственном уровне (физические процессы обработки и преобразования сырья в продукцию);
- на уровне управления и обработки информации;
- на экономическом уровне производства с точки зрения производительности и прибыльности. Для каждого из этих трех аспектов системы существует свой язык описания, свои модели, хотя система остается прежней.

Общие свойства стратифицированного описания систем можно сформулировать так:

- выбор страт, в правилах которой описывается система, зависит от наблюдателя (исследователя), его знаний и цели исследования;
- аспекты функционирования системы на различных стратах в общем случае независимы между собой, поэтому принципы и законы, используемые, для характеристики системы на произвольной страте, в общем случае можно вывести из принципов и законов, которые используются в других стратах;
- для каждой страты существует свой язык описания, набор терминов, концепций и принципов. Рис . 4.2 . Производственный комплекс

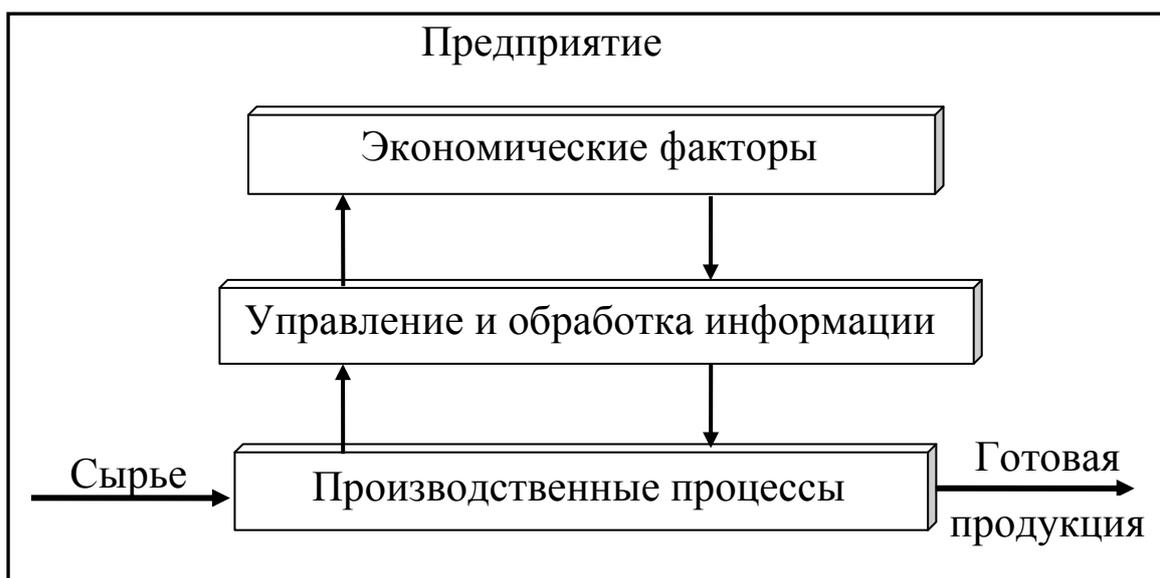


Рис. 4.2. Производственный комплекс

Главными уровнями исследования систем является: микроскопический и макрокопический.

Микроскопическое исследование системы связано с детальным описанием каждого компонента системы, исследованием их структуры, функций, взаимосвязей, структуры системы в целом и т.д. Практическая реализация важнейшего этапа микроподхода - выявление элементов системы и взаимосвязей между ними, связана с необходимостью преодоления противоречия между желанием полного исследования каждой из подсистем и элементов системы и реальной возможностью исследовать при этом структуру системы в целом и принципы ее функционирования.

Макроскопическое исследования заключается в игнорировании детальной структуры системы и изучении только общего поведения системы как единого целого. Целью здесь является построение модели системы через исследование ее взаимодействия с внешней средой (модели типа " вход - выход", или " черный ящик ") рис. 4.3.

3 Вербально-информационный принцип описания системы

Для создания той или иной модели системы необходимо сначала дать ее вербально-информационное описание (ВИО). Verbalis – латинское слово – словесный.

В ВИО системы, как правило, включают и описывают:

- 1) внешнюю среду;
- 2) связи системы с внешней средой;

3) элементарный состав системы (из каких элементов состоит), элементы в свою очередь могут рассматриваться как системы меньшего уровня;

4) опись связей между элементами системы и подсистем или основные связи между элементами и подсистемами, если невозможно описать все связи;

5) работу системы. Такую опись системы необходимо считать начальной моделью системы. Она является базой для создания других более специализированных моделей.

4. Модели типа жизненный цикл

При исследовании и моделировании динамических систем, изменения в которых происходят эволюционно, необходимо учитывать, что важную роль играет концентрация жизненного цикла модели и разные его этапы.

Пример:

С помощью такой процедуры шахматную партию делят на дебют, мидэндшпиль и эндшпиль. Жизнь человека – на детство, зрелость и старость или более подробные этапы: детство, отрочество, юность, молодость, зрелость и старость.

5. Описание системы с помощью модели типа черного ящика

Важную роль для человека играют изобразительные образы модели. Среди них наиболее широко используются графические модели, которые изображают систему, ее составляющие части, внешнюю среду и связи между ними в виде плоского рисунка.

Самой простой моделью системы является модель так называемого черного ящика, в которой акцент делается на назначение и поведение системы, а о ее внутреннем строении есть только опосредованная информация, которая отображает связь системы с внешней средой. Изображение системы в виде модели черного ящика, приведено на рис. 1.

Связи системы, которые направлены снаружи в систему, называются входом системы, они влияют на систему, используя ее как способ.

Связи системы со средой, которые направлены от системы в среду – это выход. Они являются продуктом работы системы и влияют на смену среды или употребляются снаружи системы.

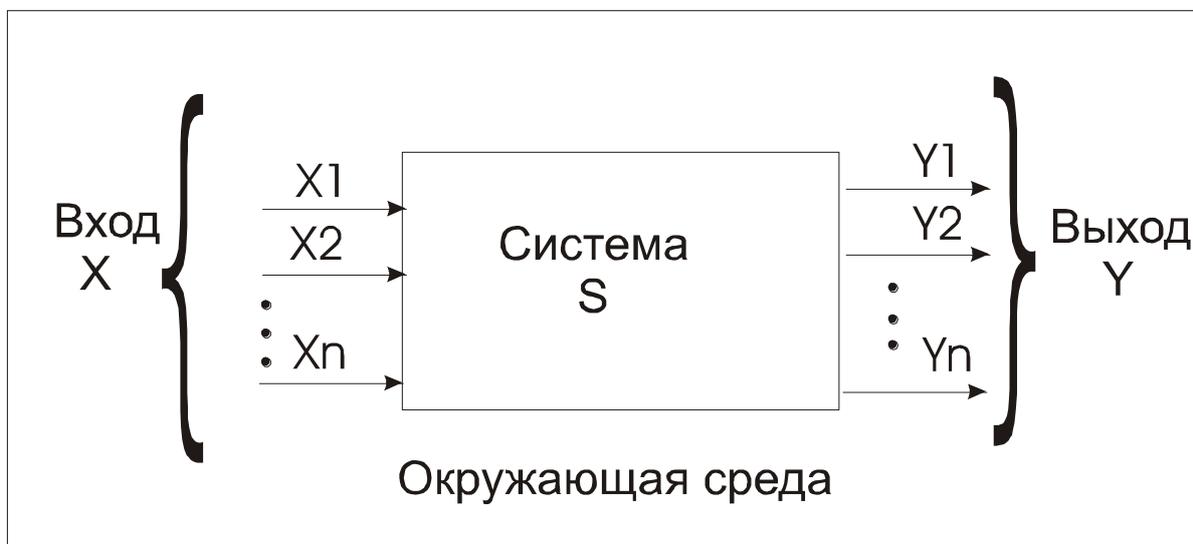


Рис.4.3

Подход, который реализуется в модели черного ящика, открывает возможности для объективного изучения систем, построение которых неизвестно или слишком сложно для того, чтобы было возможно по свойствам составных частей и структурных связей между ними сделать выводы об их поведении.

Используя наблюдения и зависимости изменения выходных величин Y от изменения входных величин X можно достичь такого уровня знаний свойств системы, которые позволяют предусмотреть изменение выходных величин при изменении входных.

Модели, в которых одинаково изменяются входные и выходные величины, называются изоморфными, несмотря на то, что их физическая суть различна. Например: маятник и колебательный контур.

6. Описание системы с помощью графического типа модели

Графические модели, как правило, отображают внутренние связи и построения системы. Те части системы, которые используются как наименьшие и неделимые, называются элементами системы.

Те части системы, которые состоят из нескольких элементов и

имеют определенную целостность, называются подсистемами.

При необходимости указывают на иерархичность частей систем (подсистем), т. е. их зависимость.

На графической системе связи и отношения между элементами

изображаются в виде направленных или ненаправленных линий,

которые объединяют объекты. Таким образом, создается структу-

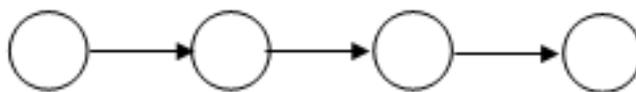
рная схема системы.

Математическим аппаратом анализа структурных схем, а также графических моделей систем является теория графов, которая позволяет анализировать различные процессы, например, планирование и последовательность выполнения каких-то работ, последовательность выполнения перевозок или определение транспортных путей и т. п.

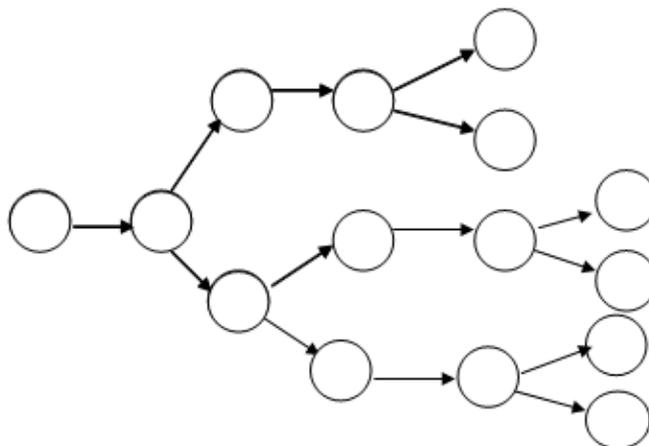
7. Описание системы с помощью модели типа графы

Графы состоят из объектов двух типов: небольших фигур на плоскости (окружностей, прямоугольников и т.п.) и линий, которые их соединяют. Фигуры называются вершинами графа, линии – ребрами.

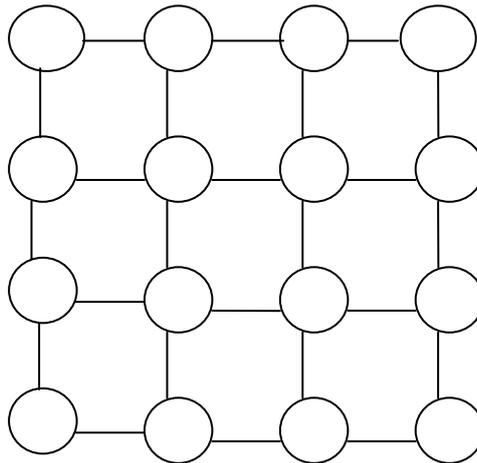
Изобразим различные типы графов.



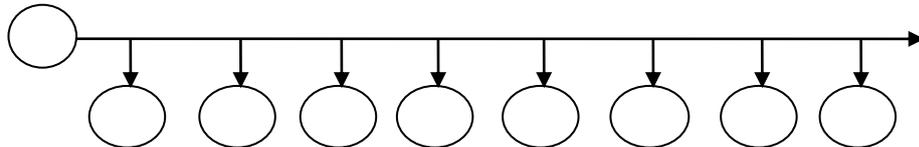
а). Линейная структура графа



б). Древоподобная



в). Матричная



г). Сетевая структура

Рис. 4.4. Примеры графов разных структур: а) Линейная структура графа, б) Древоподобная структура графа, в) Матричная структура, г). Сетевая структура

3 Математические модели систем

3.1 Формальная математическая модель системы

В общем виде формальную математическую модель системы S можно представить в виде величин, которые описывают процесс функционирования системы [9]:

$x_i \in X, i = \overline{1, n_x}$ – совокупность входных воздействий на систему;

$y_j \in Y, j = \overline{1, n_y}$ – совокупность выходных характеристик системы;

$v_k \in V, k = \overline{1, n_v}$ – совокупность воздействующих внешних влияний среды;

$h_l \in H, l = \overline{1, n_h}$ – совокупность внутренних параметров системы. Тогда формальная запись модели системы будет иметь такой вид:

$$\begin{aligned}
y_1(t) &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_{n_x}, v_1, v_2, \dots, v_{n_y}, h_1, h_2, \dots, h_{n_h}, t); \\
y_2(t) &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_{n_x}, v_1, v_2, \dots, v_{n_y}, h_1, h_2, \dots, h_{n_h}, t); \\
&\dots\dots\dots; \\
&\dots\dots\dots; \\
&\dots\dots\dots; \\
y_{n_y}(t) &= f_{n_y}(x_1, x_2, \dots, x_{n_x}, v_1, v_2, \dots, v_{n_y}, h_1, h_2, \dots, h_{n_h}, t),
\end{aligned}$$

где t – время.

Если рассматривать процесс функционирования системы, как последовательность смены ее состояний $H(t_1), H(t_2), \dots, H(t_k)$, то они могут быть интерпретированы, как координаты точек в k измерительном фазовом пространстве. Совокупность всех множественных состояний системы называют **пространством состояний**.

Формально состояние системы S в момент времени $t_0 < t^* \leq T$ полностью определяет ее начальное состояние $\vec{H}^0 = \vec{H}(t_0)$, входящим влиянием $\vec{X}(t^*)$, управляющим влиянием $\vec{U}(t^*)$, влиянием внешней среды $\vec{V}(t^*)$, которые имели место в промежутках времени $t^* - t_0$. Это можно представить такими векторными уравнениями:

$$\begin{aligned}
\vec{H}(t) &= g(\vec{H}^0, \vec{X}, \vec{V}, \vec{U}, t); \\
\vec{Y}(t) &= f(\vec{H}, t)
\end{aligned}$$

Здесь первое уравнение по начальному состоянию системы \vec{H}^0 та переменными $\vec{X}, \vec{V}, \vec{U}$ определяют вектор - $\vec{H}(t)$, а другое за состоянием $\vec{H}(t)$ определяют эндогенные переменные на выходе системы $\vec{y}(t)$. В такой способ последовательность уравнений "вход – состояние – выход" дает возможность определить характеристику системы:

$$\vec{y}(t) = f \left[g(\vec{H}^0, \vec{X}, \vec{V}, \vec{U}, t) \right].$$

Таким образом под математической моделью системы подразумевают конечное множество переменных $\{\vec{X}(t), \vec{V}(t), \vec{U}(t)\}$ в совокупности с математическими связями между ними и характеристиками $\vec{Y}(t)$.

4 Две области применения математических методов

В настоящее время можно выделить два основных типа задач, в решении которых используются математические методы и ЭВМ. Это так называемые, макрозадачи и микрозадачи. При всей условности такого деления основанием для него является различие между характером и методами решения задач на различных уровнях планирования народного хозяйства.

Под макрозадачами будем понимать задачи, в которых решаются основные теоретические и практические народнохозяйственные проблемы, такие, как соотношение типов развития отдельных отраслей в общей системе народного хозяйства, анализ вопросов ценообразования и ценоустановления, долгосрочное и перспективное планирование и т. д. Другими словами, – это задачи оптимального функционирования всей экономики страны.

К микрозадачам отнесем задачи, стоящие перед отдельной отраслью, предприятием, участком и т. д. В их числе можно назвать рациональное размещение и специализацию производства, расчет оптимальной производственной мощности предприятия, задачи календарного, объемного и технико-экономического планирования, раскрытия материалов, перевозки грузов и т. д.

Нетрудно заметить, что задачи второго направления являются, с одной стороны, более массовыми и, с другой стороны, гораздо более простыми.

Если над макрозадачами работают крупные коллективы ученых и решение этих задач определяет поведение всей экономики страны, то микрозадачи возникают на каждом предприятии, требуют быстрого решения, и заниматься ими ограниченное число работников производства и проектных организаций. При их решении используются известные математические модели и алгоритмы. Главная трудность состоит в правильной формулировке целей и условий задачи, а само решение обычно выполняется по стандартным программам в вычислительных центрах соответствующих производственных организаций. Объектом нашего рассмотрения будут математические методы решения задач именно этого типа.

Задания для самопроверки усвоения знаний

1. Опишите, что собой представляет модель и как она исполь-

зуется.

2. Дайте характеристику стратификации систем.
3. Сравните Микроскопическое и Макроскопическое исследование системы.
4. Составьте план вербально-информационного описания системы организации районного автодорожного управления.
5. Объясните особенность использования моделей типа "Жизненный цикл".
6. Объясните особенность использования моделей типа "черного ящика» с точки зрения, какие свойства системы они отражают.
7. Проанализируйте особенность использования графических моделей.
8. Какие множества величин учитывает в общем случае формальная математическая модель системы S ?
9. Проанализируйте, чем отличаются макрозадачи от микрозадач.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дайте определение понятию модель.
2. На какие типы разделяют модели?
3. Зачем предназначены аналитические ММ?
4. Зачем предназначены имитационные ММ?
5. Зачем предназначены фенологические ММ?
6. Зачем предназначены детерминированные ММ?
7. Зачем предназначены стохастические ММ?
8. Зачем предназначены асимптотические ММ?
9. Что такое вербально информационное описание системы?
10. Как формулируется в общем случае задача линейного программирования?

Министерство Образования и науки Украины

ХНАДУ

Кафедра информационных технологий и мехатроники

Лекция № 5

Основы системного анализа

**Тема: Основные этапы процесса отыскания
оптимального решения**

План

1. Основные процедуры принятия решения
2. Постановка задачи
3. Построение модели
4. Получение решения
5. Осуществление решения

Харьков
2014

1. Основные этапы процесса принятия решения

При определении понятия системного анализа мы с вами записали, что это – совокупность методов исследования процессов функционирования сложных систем, на основе моделирования и направленных на повышение эффективности их работы, т. е. совершенствование.

Для того, чтобы это осуществить, необходимо выполнить целый ряд сложных работ по разработке методов, с помощью которых можно будет исследовать работу системы и дать рекомендации по усовершенствованию ее работы, т. е. рекомендовать принять определенные решения по управлению работой объекта.

Отдельные процедуры (или операции) принятия решений, как правило, разделяют на формализованные и неформализованные. Системный анализ предполагает, что в определенных ситуациях неформализованные решения, принимаемые человеком (лицом, принимающим решение - ЛПР) могут быть приемлемыми. В системном анализе рассматриваются как формализованные, так и неформализованные процедуры принятия решений.

Формализованные процедуры базируются на использовании прикладной математики (в частности, таких ее разделов, как исследование операций, математическое программирование, теория разработки и принятия решений, теория массового обслуживания, модели управления запасами, теория игр, Марковские процессы и т.п.) и вычислительной техники. Иногда с математическими методами исследования связано множество процедур, с помощью которых осуществляется моделирование процесса принятия решения.

Результаты исследования объектов, в основном, представляются математическими моделями, наибольшее распространение получили имитационные ММ – совокупность программ для ЭВМ, с помощью которых воспроизводятся алгоритмы и процедуры, описывающие процесс функционирования исследуемой системы.

К числу алгоритмических методов следует отнести:

- линейное программирование;
- нелинейное программирование;
- динамическое программирование;
- методы теории массового обслуживания;

– статистическое моделирование.

При решении задач системного анализа с использованием ЭВМ необходимо от содержательной постановки задачи перейти к ее формальному образу, т. е. к ММ.

При этом используются термины:

Операция – это совокупность действий или мероприятий, направленных на достижение определенных целей.

Оптимизация – получение наилучшего по выбранному критерию решения из множества допустимых решений.

Критерий – мера качества решений. Если решения принимаются с учетом нескольких критериев, то такая оптимизационная задача называется многокритериальной.

Функция цели – это такая математическая функция, которая соответствует заданному критерию эффективности операции. Если в результате решения задачи будет получено экстремальное значение функции (критерия эффективности), то это означает, что найдено оптимальное решение или оптимальный план.

Решение задачи по отысканию оптимального решения содержит такие основные этапы:

1. Постановка задачи.
2. Построение математической модели.
3. Получение решения.
4. Анализ и проверка правильности решения.

В целом же для реализации задач системного анализа используется раздел системного анализа «Исследование операций».

2. Постановка задачи

Рассмотрим теперь с позиций системного подхода основные этапы и элементы построения (разработки) системы принятия решений в больших системах управления.

Основным при системном подходе является определение цели, которую необходимо достигнуть. Этой целью может быть сооружение завода, освоение новой продукции, реконструкция доменной печи, снижение издержек производства и т. д. При формулировке целей могут, однако, возникнуть трудности, связанные с необходи-

мостью их точного определения. Вот пример из истории второй мировой войны. Для защиты от вражеских самолетов на английских транспортных судах были установлены зенитные пулеметы. Спустя некоторое время выяснилось, что они не наносят большой урон авиации противника, и поступило предложение их снять. Однако, более детальное изучение вопроса показало заметное снижение потерь торгового флота, оснащенного пулеметами, и они были сохранены. Ведь целью установки пулеметов было именно сокращение потерь, а не нанесение ущерба авиации противника.

Как следует из примера, наряду с формулировкой цели должен быть выбран надежный критерий эффективности, позволяющий различать способы достижения поставленной цели и выбирать среди них наилучший.

Формулировка цели и выбор критерия эффективности осуществляется на этапе постановки задачи. Задача постановки принятия решения возникает только тогда, когда существует более одного способа достижения цели.

В приведенном примере альтернативой для варианта с установкой пулеметов было бы, например, усиление охраны из военных кораблей.

3. Построение (математической) модели

Модель – это специально создаваемый объект, на котором воспроизводятся вполне определенные характеристики реального исследуемого объекта (процесса) с целью их использования для управления или изучения объекта.

Так как изучение воздействия и анализ любой системы связаны, как правило, с наблюдением и экспериментом, то модели и создаются для того, чтобы с их помощью можно было выполнить количественное исследование модели в разных условиях и таким образом получить представление, как будут действовать в подобных условиях реальные системы.

Поэтому наиболее удобным и правильным методом решения организационно-управленческих задач с помощью системного анализа является метод моделирования, т. е. создание моделей систем

(объектов) и изучение их работы. Этот метод является основным для изучения сложных систем.

Моделирование является важным инструментом научной абстракции, позволяющим выделить, обосновать и анализировать существенные для данного исследования характеристики объекта – свойства, взаимосвязи структурные и функциональные параметры.

Выводы:

Составление моделей – это попытка понять процесс, поэтому их нельзя считать неизменными. Здесь уже не идет речь об абсолютной категории. Одни и те же аспекты рассматриваемой системы можно описывать различными моделями, одновременно имеющими право на существование. Поэтому основная задача состоит в том, чтобы построить (или выбрать) модель, адекватную поставленной задаче исследования. Конечной же целью разработки ММ является прогноз результатов при тех или иных воздействиях на параметры системы.

4. Получение решения

Следующий третий этап состоит в получении решения с помощью построенной модели. Элементами, участвующими в решении, являются исходная информация и правила выбора решения (решающие правила). Важность этих элементов невозможно переоценить. Самая совершенная модель бесполезна без достоверной информации. Многие задачи использования системного анализа связаны именно с этим.

Решающее правило - дает возможность однозначно выбрать предпочтительное в каком-либо смысле решение. Оно обычно имеет форму алгоритма, т.е. представляет последовательность действий, однозначно ведущую к решению.

Представление решающего правила в виде алгоритма означает численное решение модели.

Ярким примером численных методов является симплекс-метод решения задач линейного программирования.

Общая идея численного решения включает выбор какой-либо допустимой комбинации независимых переменных, подстановку ее в условия задачи и полученного решения для других комбинаций переменных. Перебор комбинаций переменных прекращают, когда, например, уравнение обратится в тождество или целевая функция задачи линейного программирования достигнет оптимума.

Необходимо учитывать также, что исходную задачу управления не всегда удастся представить в виде модели, которой соответствует задача оптимизации с готовым и эффективным аппаратом решения.

В этом случае очень полезным (а иногда и единственным) средством оказываются эвристические методы решения задач, которые не являются строгими и основаны на здравом смысле и имеющемся опыте решения подобных задач в прошлом.

5. Осуществление решения

Следует отметить, что при исследовании реальных систем этапы построения модели и ее решения могут повторяться несколько раз, постепенно приближая модель по свойствам к объекту. Дополнительная информация, полученная при этом, может также привести к пересмотру целей и критериев эффективности задачи, т.е. изменить ее постановку.

Самый последний и ответственный этап – осуществление решения. Он выполняется лицами или лицом, ответственным за работу системы. Задача разработчиков на этом этапе состоит в том, чтобы представить свои решения и рекомендации в наглядной, понятной и убедительной форме. От этого может во многом зависеть судьба результатов.

При этом необходимо учитывать, что количественные результаты не являются исчерпывающими при принятии решения. Руководитель должен учитывать и другие факторы (мораль, традиции, привычки), которые пока еще не поддаются формализации и количественной оценке.

С точки зрения системного анализа процесс принятия решения (см. Табл. 1) можно представить как последовательность выполне-

ния соответствующего набора его этапов, который в каждом конкретном случае уточняется.

Таблица 5.1

Содержание основных фаз принятия и реализации решений

| Фаза принятия решения | Содержание фазы принятия решения |
|--|---|
| 1. Сбор Информации о возможных проблемах | 1.1. Наблюдение за внутренней средой организации. 1.2. Наблюдения за внешней средой организации. |
| 2. Выяснение и определение причин возникновения проблемы | 2.1. Описание проблемной ситуации 2.2. Выявление организационного звена, где возникла проблемная ситуация 2.3. формулировка проблемы 2.4. Оценки ее важности 2.5. Выяснение причин возникновения проблемы |

| Фаза принятия решения | Содержание фазы принятия решения |
|---|--|
| 3. Формулировка целей решения проблемы | 3.1. Определение целей организации 3.2. Формулировка целей решения проблемы |
| 4. Выбор и обоснование стратегии решения проблемы | 4.1. Детальное описание объекта 4.2. Определение размаха вариации факторов 4.3. Определение требований к решению 4.4. Определение критериев эффективности решения 4.5. определение ограничений |

| | |
|--|---|
| 5. Разработка вариантов решения проблемы | 5.1. Разделение задачи на подзадачи (анализ) 5.2 Поиск идей решения каждой подзадачи 5.3. Определение и нахождения возможных решений для каждой подзадачи и подсистемы 5.4. Выбор и построение моделей и проведение расчетов 5.5. Обобщение результатов решения каждой подзадачи 5.6. Прогнозирование последствий принятия найденного решения для каждой подзадачи 5.7. Разработка вариантов решения всей задачи (проблемы) |
| 6. Выбор лучшего варианта | 6.1. Анализ эффективности вариантов решения 6.2. Оценка воздействия неуправляемых параметров |
| 7. Корректировка и согласование решения | 7.1. Анализ решения с исполнителями 7.2. Согласование решения с функционально взаимодействующими службами 7.3. Утверждение решения |
| 8. Реализация решения | 8.1 Реализация 8.3. Внесение изменений в рабочий план в ходе реализации решения 8.4. Оценка эффективности реализации принятого решения |

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

1. Объясните, что такое формализованы и неформализованные процедуры принятия решений .

2. Дайте характеристику имитационным математическим моделям 3. Какие основные этапы включает решение задачи по отысканию оптимального решения ?

4. Дайте характеристику этапа постановки задачи

5. Дайте характеристику этапа построения модели . 6 . Дайте характеристику этапа получения решения. 7. Дайте характеристику этапа осуществления решения

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. На чем базируются формализованные процедуры принятия решений?
2. На чем базируются неформализованные процедуры принятия решений?
3. Что такое операция? 4. Что такое оптимизация?
5. Что понимают под критерием? 6. Что представляет собой функция цели? 7. Что такое постановка задачи ?
8. В чем заключается основная задача при разработке модели?
9. На какие основные моменты необходимо обратить внимание при получении решения?
10. Кто несет ответственность за осуществление решения?