

Предмет «ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ»

Лекция 3. «СИСТЕМЫ. МОДЕЛИ СИСТЕМ»

Погудин Андрей Леонидович

Основная литература

1. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2000 — 296 с.
2. Эддоус М., Стэнсфилд Р. Методы принятия решений М.: Юнити, 1997 — 590с.
3. Литвак Б.Г. Разработка управленческого решения. М.: Дело, 2000 — 392 с.
4. Саати Т., Кепес К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991 — 224 с.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993 — 320 с.
6. Марков Л.Н. Анализ и процедуры принятия решений. Мн.: Институт управления и предпринимательства, 2001 — 168 с.
7. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: СИНТЕГ, 1998 — 376 с.
8. Железко Б.А., Морозевич А.Н. Теория и практика построения информационно-аналитических систем поддержки принятия решений. Мн.: Армита-Маркетинг, Менеджмент, 1999 — 143 с.
9. Таха Х.А. Введение в исследование операций. М.: Издательский дом «Вильямс», 2001 — 912 с.
10. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталева Е.Ю. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе. М.: Финансы и статистика, 1999 — 176 с.
11. Грачева М.В. Анализ проектных рисков. М.: ЗАО «Финстатинформ», 1999 — 216с.
12. Грабовый П.Г. Риски в современном бизнесе. М.: Аланс, 1994 -237 с.
13. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. М.: Наука-Физматгиз, 1996 — 208 с.
14. Кини Р.А., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981 — 560 с.
15. Харин Ю.С., Малюгин В.И., Кирлица В.В.П. и др. Основы имитационного и статистического моделирования. Мн.: ДизайнПРО, 1997 — 288 с.
16. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука, 1980 — 80с.

Дополнительная литература

1. Гаврилова Т.А., Червинский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000 — 384 с.
2. Железко Б.А., Морозевич А.Н. Информационно-аналитические системы поддержки принятия решений. Мн.: НИУ, 1999 — 139 с.
3. Карданская Н.Л. Принятие управленческого решения. М.: Юнити, 1999 — 407 с.
4. Князевская Н.В., Князевский В.С. Принятие рискованных решений в экономике и бизнесе. М.: Контур, 1998 — 160 с.
5. Мазур И.И., Шапиро В.Д. и др. Управление проектами. Справочник для профессионалов. М.: Высшая школа, 2001 — 875 с.

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Системы. Модели систем.

1. Системы. Модели систем. (Первое определение системы)

Цель — это субъективный образ (абстрактная модель) несуществующего, но желаемого состояния среды, которое решило бы возникшую проблему. Вся последующая деятельность, способствующая решению этой проблемы, направлена на достижение поставленной цели, т.е. как работа по созданию системы. Другими словами: **система есть средство достижения цели.**

Примеры систем

№	Цель	Система
1	В произвольный момент указать время	Часы
2	Обеспечить выпечку хлеба в заданном ассортименте для большого количества людей	Пекарня
3	Передать зрительную и звуковую информацию на большое расстояние практически мгновенно	Телевидение
4	Обеспечить перемещение людей в городе	Городской транспорт

1. Системы. Модели систем. (Модель «черного ящика»)

Перейдем от первого определения системы к его визуальному эквиваленту.

Во-первых, приведенное определение ничего не говорит о внутреннем устройстве системы. Поэтому ее можно изобразить в виде непрозрачного «ящика», выделенного из окружающей среды. Подчеркнем, что уже эта, максимально простая, модель по-своему отражает два следующих важных свойства системы: целостность и обособленность от среды.

Во-вторых, в определении системы косвенно говорится о том, что хотя «ящик» и обособлен, выделен из среды, но не является полностью от нее изолированным.

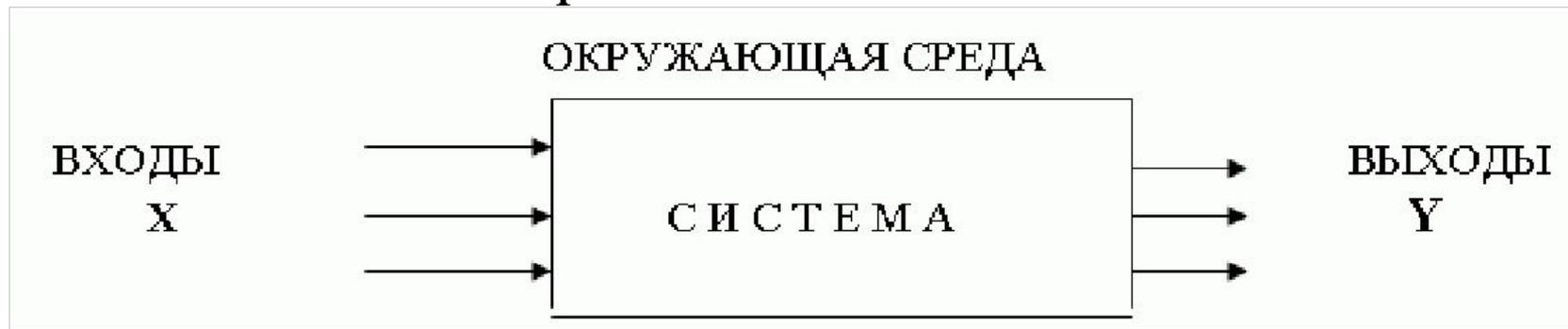


Рис.3.1 — Модель «черного ящика»

1. Системы. Модели систем. (Модель состава системы)

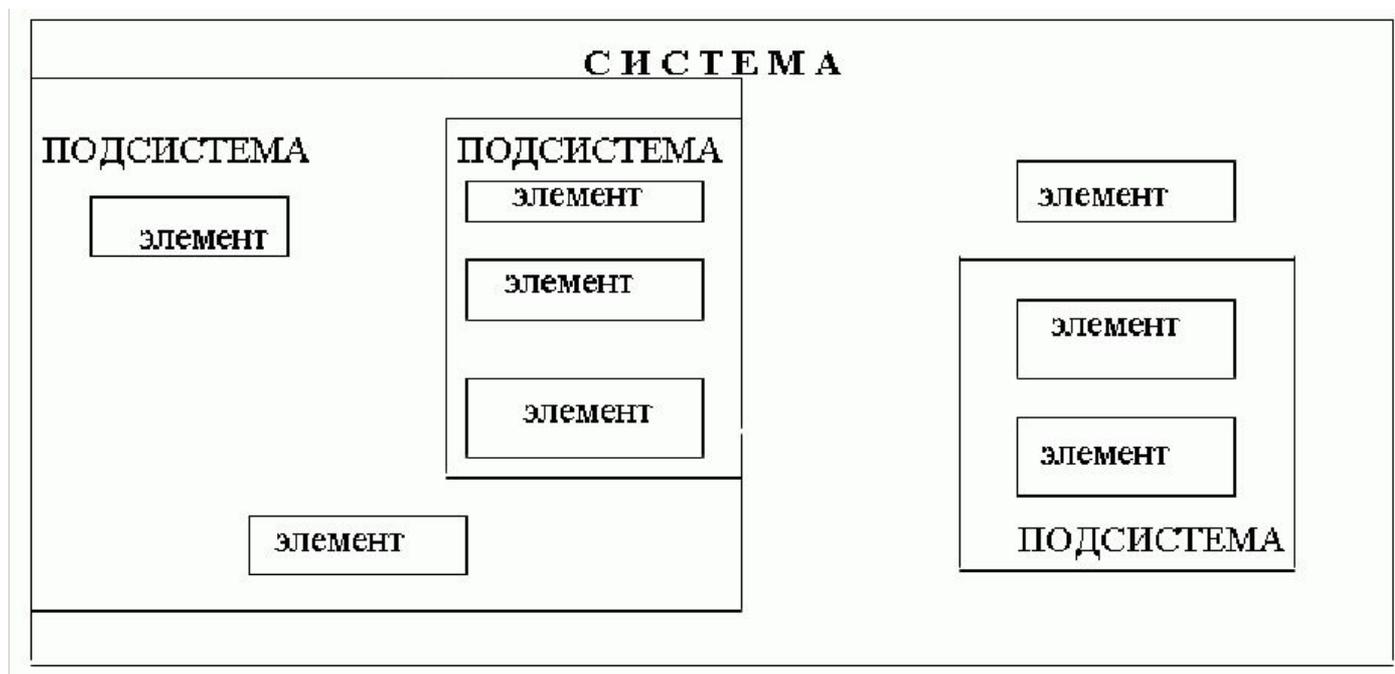


Рис.3.2.(а) — Модель состава системы

Пример модели состава системы:

Система	Подсистема	Элементы
Система телевидения «Орбита»	Подсистема передачи	Центральная телестудия
		Антенно-передающий центр
	Канал связи	Среда распространения радиоволн
		Спутники ретрансляторы
	Приемная подсистема	Местные телецентры
Телевизоры потребителей		

Рис. 3.2.(b) — Модель состава системы

1. Системы. Модели систем. (Модель структуры системы)

Совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между элементами называется **структурой системы**.

Когда мы рассматриваем некую совокупность объектов как систему, то из всех отношений мы выбираем важные, т.е. существенные для достижения цели. Точнее, в модель структуры (в список отношений) мы включаем только конечное число связей, которые существенны по отношению к рассматриваемой цели.

Например, при расчете механизмов не учитываются силы взаимного притяжения его деталей, хотя, согласно закону всемирного тяготения, такие силы объективно существуют. Зато вес деталей учитывается обязательно.

1. Системы. Модели систем. (Второе определение системы. Структурная схема системы)

Объединяя все изложенное, можно сформулировать второе определение системы: система есть совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое.

Очевидно, что представленные определения охватывают модели «черного ящика», состава и структуры. Все вместе они образуют еще одну модель, которую будем называть **структурной схемой системы**.

В структурной схеме указываются все элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи определенных элементов с окружающей средой (входы и выходы системы).

1. Системы. Модели систем. (Второе определение системы. Структурная схема системы)

Рассмотрим систему «синхронизируемые часы». Считаем, что в состав такой системы входят три элемента: датчик, индикатор и эталон времени. Структура часов определяется следующими отношениями между парами элементов:

Пара элементов	Связь между ними
Датчик и индикатор	Однозначное соответствие
Эталон и датчик	Приблизительное соответствие
Индикатор и эталон	Периодическое сравнение и устранение расхождения

Описанные связи указаны стрелками 1-3 между элементами на рис.3.3. Вход 4 изображает поступление энергии извне, вход 5 соответствует регулировке индикатора, вход 6 — показанию часов.

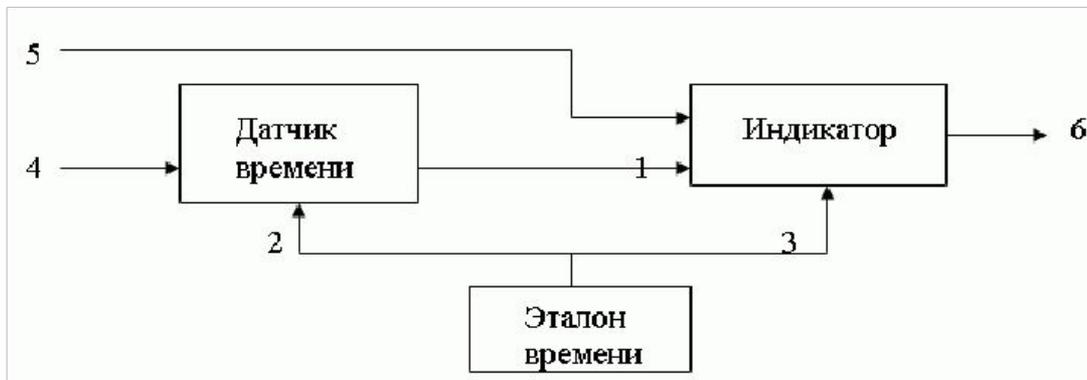


Рис.3.3 — Структурная схема системы синхронизируемые часы

Все структурные схемы имеют нечто общее и это побудило математиков рассматривать их как объект математических исследований. Для этого пришлось абстрагироваться от содержательной стороны структурных схем. В результате получилась схема, в которой обозначается только наличие элементов и связей между ними. Такая схема называется графом.

1. Системы. Модели систем. (Второе определение системы. Структурная схема системы)

Граф состоит из обозначений элементов произвольной природы, называемых вершинами, и обозначений связей между ними, называемых ребрами (либо дугами).

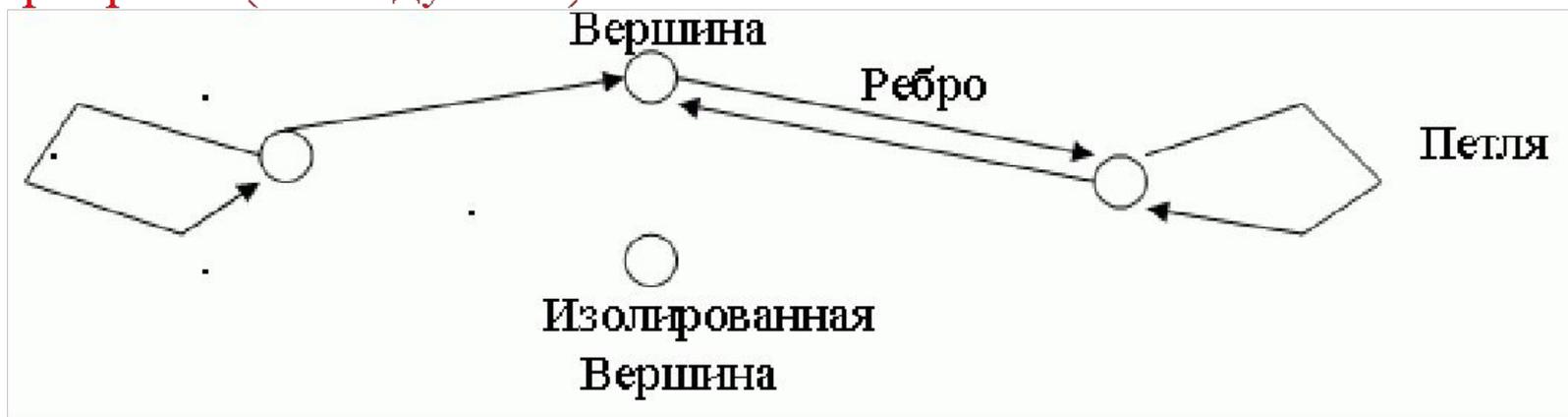


Рис.3.4 — Пример графа

Если направления связей не обозначаются, то граф называется **неориентированным**, при наличии стрелок — **ориентированным**. Данная пара вершин может быть соединена любым количеством ребер; вершина может быть соединена сама с собой (тогда ребро называется петлей). Если в графе требуется отразить другие различия между элементами или связями, то либо приписывают ребрам различные веса (взвешенные графы), либо раскрашивают вершины или ребра (раскрашенные графы).

1. Системы. Модели систем. (Второе определение системы. Структурная схема системы)

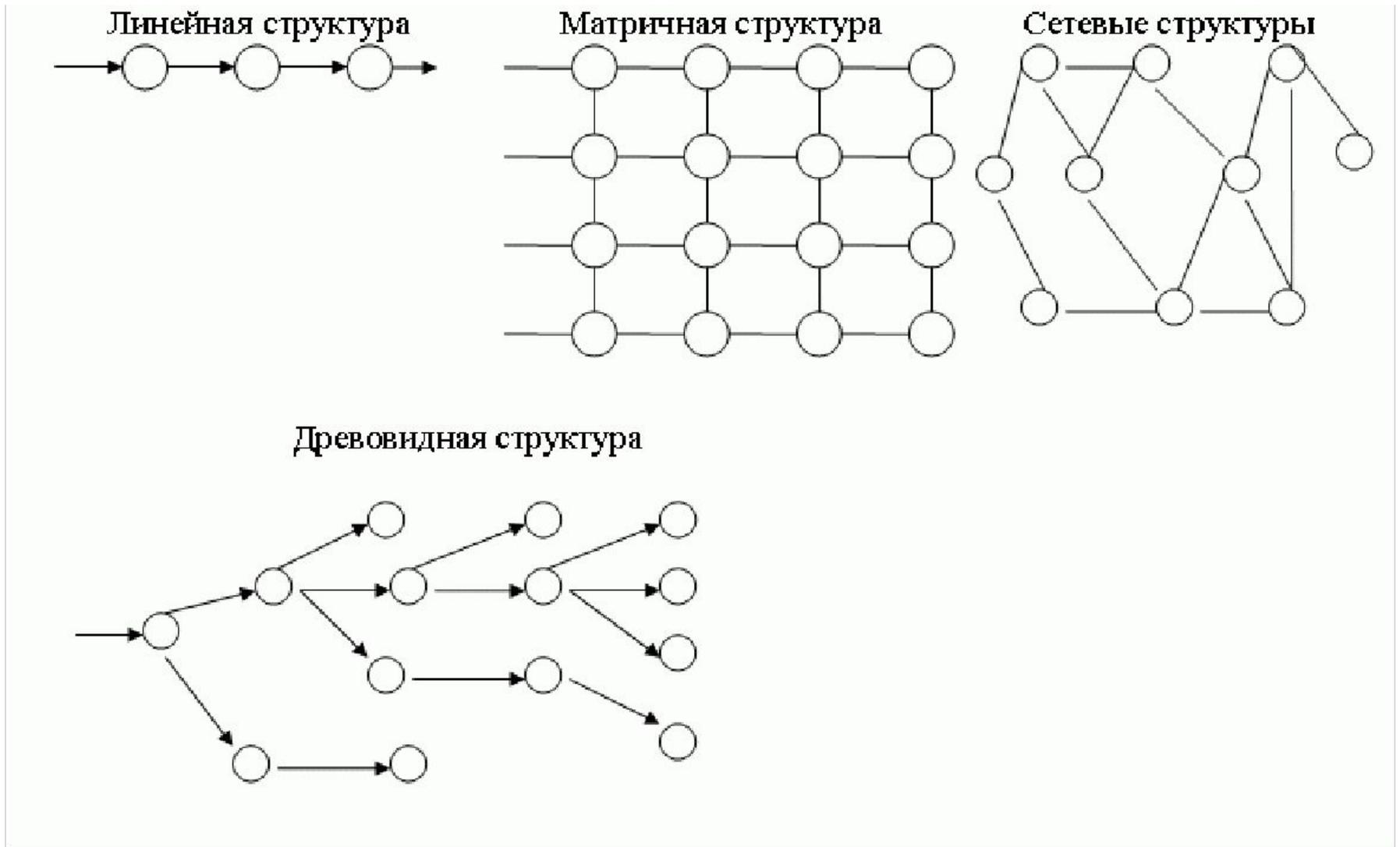


Рис. 3.5 — Линейные, древовидные, матричные и сетевые структуры

1. Системы. Модели систем. (Динамические модели систем)

Следующий шаг в исследовании систем состоит в том, чтобы понять и описать, как система «работает», что происходит с ней самой и окружающей средой в ходе реализации поставленной цели.

Системы, в которых происходят какие бы то ни было изменения со временем называются **динамическими**, а модели, отображающие эти изменения, — **динамическими моделями систем**.

Для разных объектов и систем разработано большое количество динамических моделей, описывающих процессы с различной степенью детализации. Однако всегда развитие моделей происходит в той же последовательности, как это было изложено выше: от «черного ящика» к «белому».

1. Системы. Модели систем. (Функционирование и развитие)

Уже на этапе «черного ящика» различают два типа динамики системы: функционирование и развитие.

Под функционированием подразумевают процессы, которые происходят в системе, стабильно реализующей фиксированную цель. Функционируют, например, часы, городской транспорт, радиоприемник и т.д.

Развитием называют то, что происходит с системой при изменении ее целей. Характерной чертой развития является тот факт, что существующая структура перестает соответствовать новой цели. Для обеспечения новой функции приходится изменять структуру, а иногда и состав системы, т.е. перестраивать всю систему. Возможны и такие системы, для функционирования которых какие-то ее подсистемы должны быть постоянно в развитии. Типы динамических моделей.

1. Системы. Модели систем. (Функционирование и развитие)

При математическом моделировании некоторого процесса его конкретная реализация описывается в виде соответствия между элементами множества входов системы X «возможных значений» x и элементов упорядоченного множества T «моментов времени» t , т.е. в виде отображения:

$$T \rightarrow X: x(t) \in X^T, t \in T.$$

С помощью этих понятий строятся математические модели систем.

Рассматривая выход $y(t)$ системы как ее реакцию на входы $x(t) = u(t), v(t)$ (управляемые $u(t)$ и управляемые $v(t)$), можно представить модель «черного ящика» как совокупность двух процессов (см. рис.3.6):

$$X^T = \{x(t)\} \text{ и } Y^T = \{y(t)\}, t \in T$$

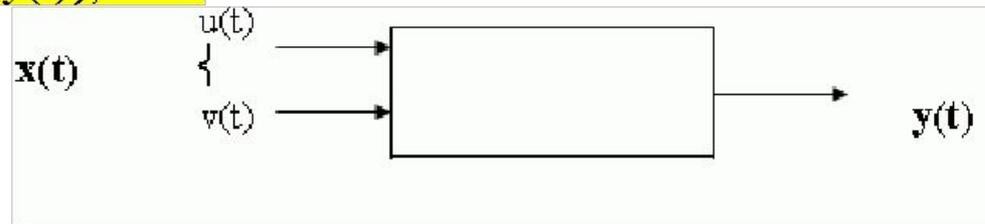


Рис.3.6 — Динамическая модель «черного ящика»: задание процесса на входах и выходах системы

Если даже считать $y(t)$ результатом некоторого преобразования Φ процесса $x(t)$, т.е. $y(t) = \Phi[x(t)]$, то модель «черного ящика» предполагает, что это преобразование неизвестно. В том случае, когда имеем модель «белого ящика» соотношение между входом и выходом должно быть описано. Способ описания зависит от того, что нам известно и в какой форме можно использовать эти знания. На практике наблюдая входы и выходы системы можно восстановить функцию $y = \Phi(x)$. По существу это задача о переходе от модели «черного ящика» к модели «белого ящика» по наблюдениям входов и выходов при условии безинерционности системы.

1. Системы. Модели систем. (Общая математическая модель динамики)

Класс систем, которые можно считать безинерционными, весьма узок. Необходимо строить математические модели систем, выход которых определяется не только значением входа в данный момент времени, но и теми значениями, которые были на входе в предыдущие моменты. В наиболее общей модели это достигается введением понятия состояния системы как некоторой внутренней характеристики, значение которой в настоящий момент времени определяет текущее значение выходной величины. Обозначим это состояние через $z(t)$. Сказанное выше означает существование такого отображения

$$\eta: Z \times T \rightarrow Y, \text{ что } y(t) = \eta[t, z(t)]$$

Явная зависимость от t введена для учета возможности изменения зависимости выхода от состояния с течением времени. Это отображение называется отображением выхода.

Для завершения построения модели нужно описать связь между входом и состоянием, т.е. ввести параметрическое семейство отображений

$$\mu_\alpha: Z \times X() \rightarrow Z,$$

заданных для всех значений параметров

$$t \in T, \tau \in T \text{ и } \tau \leq t$$

Это означает принятие аксиомы о том, что состояние в любой момент t однозначно определяется состоянием z и отрезком реализации входа $x()$

$$z(t) = \mu_\alpha[Z_\tau, X()] = \sigma[t, \tau, Z_\tau, X()].$$

Такое отображение называется переходным отображением.

1. Системы. Модели систем. (Стационарные системы)

Большой интерес на практике представляют стационарные системы, т.е. системы, свойства которых не изменяются со временем. Стационарность означает независимость от времени t и инвариантность функции к сдвигу во времени:

$$h[t, z(t)] = h[z(t)],$$

$$\sigma[t, t_0, z, x(\cdot)] = \sigma[t+\tau_0, t_0+\tau, z, x_{\tau}(\cdot)].$$

Конкретизация моделей динамических систем на этом, конечно, не заканчивается. Приведенные модели скорее всего являются просто примерами, которые можно рассматривать отдельно. Но на одном свойстве реальных динамических систем следует остановиться. Речь идет о подчинении реальных систем принципу причинности. Согласно этому принципу, отклик системы на некоторое воздействие не может начаться раньше самого воздействия. Это условие, очевидное для реальных систем, совсем не автоматически выполняется в рамках их математических моделей. При этом модель, в которой нарушается принцип причинности, совсем не является «плохой», бесполезной.

Примером служит модель фильтра с конечной полосой пропускания. Отклик такой системы на короткий импульс имеет вид $\text{Sin}(wt)/(wt)$, т.е. начинается в минус бесконечности. Несмотря на явное нарушение принципа причинности, такую модель широко используют в радиотехнике. Однако, как только возникает вопрос о практической реализации такого фильтра, используются различные допущения. В связи с этим одна из проблем теории динамических систем состоит в выяснении условий физической реализуемости теоретических моделей, т.е. конкретных ограничений, которые приходится накладывать на модель при соблюдении принципа причинности.

1. Системы. Модели систем. (Подведем итог)

Оказывается, что при всем многообразии реальных систем принципиально различных типов моделей систем очень не много: модель типа «черный ящик», модель состава, модель структуры, а также их разумные сочетания и прежде всего объединения всех трех типов моделей, т.е. структурная схема системы. Это относится как к статическим моделям, отображающим фиксированное состояние системы, так и к динамическим моделям, отображающим характер временных процессов, которые происходят с системой.

Все указанные типы моделей являются формальными, относящимися к любым системам и, следовательно, не относящимися ни к одной конкретной системе. Чтобы получить модель заданной системы, нужно придать формальной модели конкретное содержание, т.е. решить, какие аспекты реальной системы включать как элементы модели, а какие — нет. Этот процесс обычно неформализуем, поскольку признаки существенности не удастся формализовать. Столь же слабо формализованными являются признаки элементарности и разграничения между подсистемами.

В силу сказанного, процесс построения содержательных моделей является процессом интеллектуальным, творческим. Тем не менее эксперту, разрабатывающему содержательную модель, помогают формальная модель и рекомендации по ее наполнению конкретным содержанием.

1. Системы. Модели систем. (Общие сведения о методологии IDEF0)

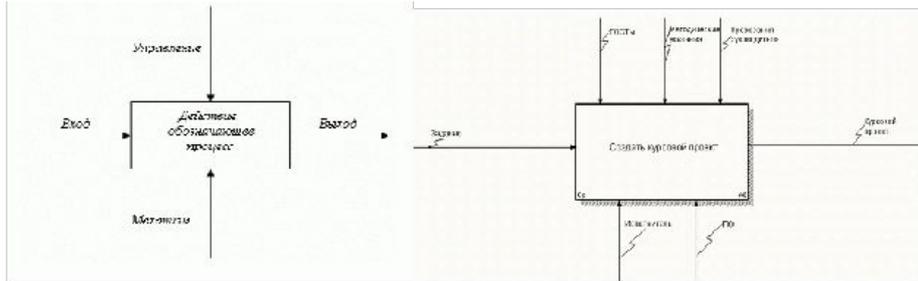


Рис.3.7 — Построение диаграммы Vrwip
Рис.3.8 — Блок «Создать курсовой проект»

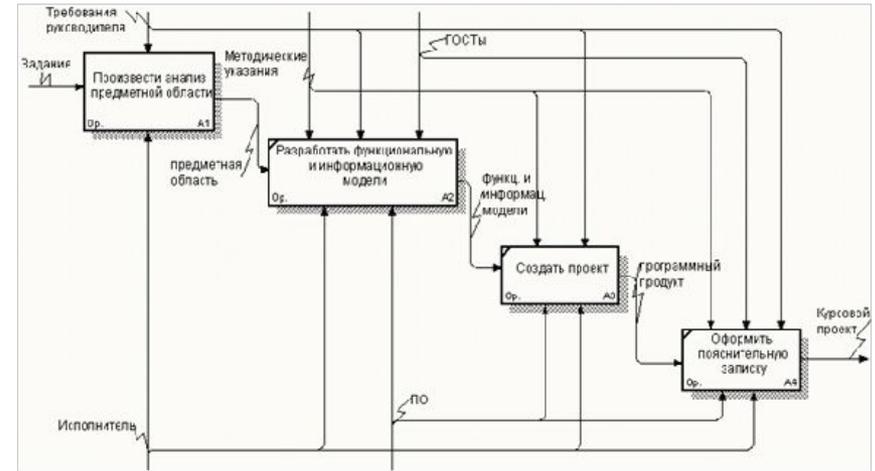


Рис.3.9 — Блок «Создать курсовой проект»

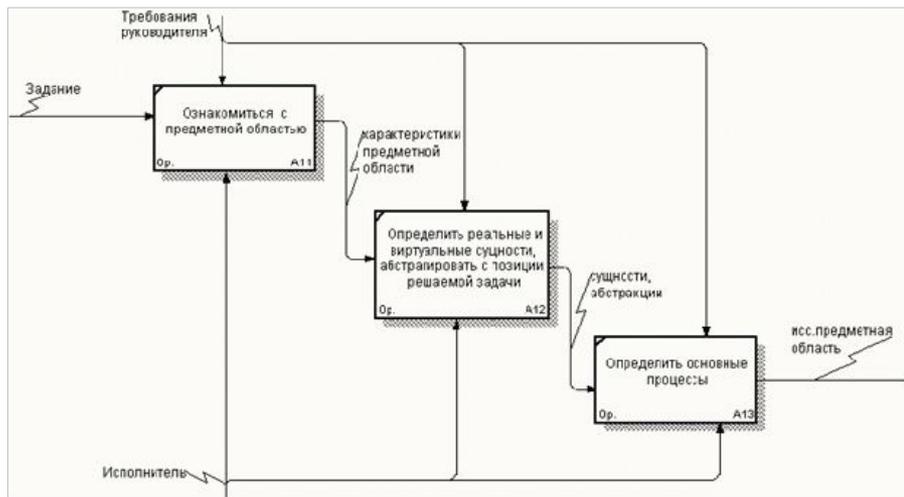


Рис.3.10 — Декомпозиция блока «Произвести анализ предметной области»

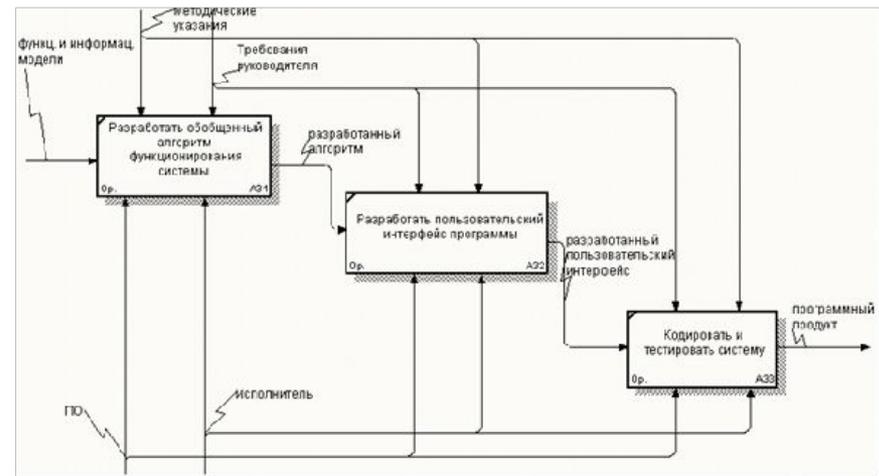


Рис.3.11 — Декомпозиция блока «Создать проект»