
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭМИС

_____ И. Г. Боровской

«__» _____ 2016 г.

М.Г. Носова

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ
*Учебно-методическое пособие для практических занятий и
самостоятельной работы студентов направления подготовки
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»*

2016

Носова М. Г. Теория систем и системный анализ: учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» - Томск: Изд-во ТУСУР, 2016. - 12 с.

Учебно-методическое пособие содержит методические рекомендации по выполнению практических и самостоятельных работ студентов направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
Модель черного ящика.....	6
Модель состава системы.....	9
Модель структуры системы.....	11
Список рекомендуемой литературы.....	12

ВВЕДЕНИЕ

Данное методическое пособие предназначено для использования на практических занятиях и содержит краткую информацию, необходимую для выполнения заданий, а также вопросы и упражнения, выполнение которых поможет закрепить материал.

Помимо практических занятий предполагается самостоятельная работа, на которой необходимо выполнить эти же задания и упражнения, но для выбранной системы. Примеры вариантов систем приведены ниже:

1. Процессор.
2. Университет.
3. Система образования.
4. Система искусственного интеллекта.
5. Самолет.
6. Правительство.
7. Легковой автомобиль.
8. Транспортная система.
9. Система налогообложения.
10. Расписание.
11. Компьютер.
12. Текстовый редактор для учебы и научной работы.
13. Фильтрация спама.
14. Пенсионная система.
15. Развитие спорта.
16. Стадион.
17. Борьба с наркоманией и алкоголизмом.
18. Международный язык для общения.
19. Система регистрации изобретений.
20. Свой вариант, согласованный с преподавателем.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»:

– Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7),

– Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-5).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

– Знать: методологию системного подхода, основные подходы при системном описании экономического анализа, основные типы шкал измерения в системах, показатели и критерии оценки сложных систем, основы развития систем организационного управления, основные элементы теории математического прогнозирования и идентификации систем.

– Уметь: применять методы системного анализа для решения практических задач и синтеза сложных систем, решать задач анализа и моделирования сложных систем с помощью математических методов.

– Владеть: навыками построения математических моделей сложных систем, навыками выбора метода решения задачи, аналитическим аппаратом современных методов системного анализа для решения практических задач, методами качественного и количественного оценивания функционирования систем для анализа сложных систем.

МОДЕЛЬ ЧЕРНОГО ЯЩИКА

Для более определенной и точной характеристики конструкции системы следует развивать ее модель, преобразуя имеющиеся сведения так, чтобы в результате получить более удобную форму модели, включая в модель по мере необходимости дополнительные сведения.

Для человека важную для человека роль играют наглядные, образные, визуальные модели, потому перейдем от определения системы к его визуальному эквиваленту.

Во-первых, определение системы 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. В самом деле, ведь достигнутая цель — это запланированные заранее изменения в окружающей среде, какие-то продукты работы системы, предназначенные для потребления вне ее. Иначе говоря, система связана со средой и с помощью этих связей воздействует на среду.

Эти связи называются **выходами** системы. Подчеркнем еще раз, что выходы системы в данной модели соответствуют слову "цель" в словесной модели системы.

Кроме того, в определении имеется указание и на наличие связей другого типа: система является средством, поэтому должны существовать и возможности ее использования, воздействия на нее, т.е. и такие связи со средой, которые направлены извне в систему, назовем их **входами** системы.

В результате мы построили модель системы, которая получила название "**черного ящика**". Это название образно подчеркивает полное отсутствие сведений о внутреннем содержании "ящика": в этой модели задаются, фиксируются, перечисляются только входные и выходные связи системы со средой.

Сложности построения модели "черного ящика"

Рассмотрим принципиально важный вопрос об обманчивой простоте модели "черного ящика". Казалось бы, так просто: перечислить входы и выходы системы – и модель готова. Но как только это потребуется сделать для конкретной реальной системы, мы сталкиваемся с трудностями. Проиллюстрируем это сначала на хорошо знакомых примерах.

Опишем выходы системы "**наручные часы**". Учитывая, что выходы соответствуют конкретизации цели, фиксируем в качестве выхода показать значение текущего времени в произвольный момент. Затем принимаем во внимание, что сформулированная таким образом цель относится ко всем часам, а не только к нашим наручным часам. Чтобы различить их, вносим следующее добавление (выход): удобство ношения часов на запястье; тогда появляется обязательность ремешка или браслета, а с ним и еще один выход: удовлетворение требований санитарии и гигиены, так как не любое крепление часов на руке допустимо с этой точки зрения.

Далее, представив себе условия эксплуатации часов, можно добавить достаточную в бытовых условиях прочность, пылевлагопроницаемость.

Затем, расширив понятие "условия эксплуатации часов", добавим еще два выхода: достаточную для бытовых нужд точность; легкость прочтения показаний часов при беглом взгляде на циферблат. Можно еще более расширить круг учитываемых требований к часам, что позволит добавить несколько выходов: соответствие моде и понятию красоты; соответствие цены часов покупательной способности потребителя. Очевидно, что список желаемых, т.е. включаемых в модель, выходов можно продолжать. Например, можно потребовать, чтобы имелась возможность прочтения показаний часов в полной

темноте, и реализация этого выхода приведет к существенному изменению конструкции часов, в которой могут быть различные варианты самосвечения, подсветки, считывания на ощупь или подачи звуковых сигналов. А ведь мы в явной форме еще не говорили о габаритах, весе, многих других физических, химических, экономических и социальных аспектах использования наручных часов.

Попробуем перечислить входы системы "**легковой автомобиль**". Исходя из определения системы как средства достижения цели, мы связали понятие входа с управляющим воздействием на систему, воздействием, "подталкивающим" систему к цели. Поэтому сразу же выделим в автомобиле в качестве входов те его элементы, которые предназначены для управления во время движения: руль, педали сцепления, газа и тормоза, рычаг переключения коробки передач, переключатели сигнализации и освещения, ручка аварийного и стояночного тормоза.

Затем, учитывая, что регулирующие воздействия приходится осуществлять не только на ходу, в список входов автомобиля вносим регулировочные винты, гайки, эксцентрики.

Смазка и заправка - это также регулирующие и управляющие воздействия. Поэтому точки смазки и заправочные отверстия являются входами. Нельзя не учитывать входы в буквальном смысле. Поэтому добавляем двери салона и (заодно) крышки багажника и капота. И тут мы начинаем понимать, что входное воздействие на автомобиль оказывает не только водитель, но и пассажиры, а также окружающая среда.

Записываем в перечень входов окна и зеркала, с помощью которых поступает информация к водителю и пассажирам. Но тогда можно отметить, что свойства поверхности, по которой движется автомобиль, также оказывают входное воздействие: по-разному приходится действовать водителю при езде по асфальту, песку, гравию, в случае гололеда, грязи. Добавляем к списку входов механическое воздействие грунта на колеса.

Однако различие между песком и асфальтом для автомобиля существенно лишь потому, что существует поле тяготения Земли. Вместе с тем мы еще не упомянули многие реально существующие способы воздействия среды на данную систему: ручки стеклоподъемников, аэродинамическое сопротивление воздуха, кнопки радиоприемника или кондиционера, входы вычислительных устройств. А разве не влияют на автомобиль и его пассажиров электрические и магнитные поля? Не зря же рекомендуют прикреплять к автомобилю проводящий ремень, который отводит накапливающиеся на кузове электрические заряды. Далее, стали обязательными пристяжные ремни, так как нельзя пренебрегать тем, что существует еще один вход - силы инерции, которые при авариях достигают опасных для здоровья и жизни величин. Очевидно, что список входов может быть еще продолжен.

Рассмотренные примеры свидетельствуют, что построение модели "черного ящика" не является тривиальной задачей, так как на вопрос о том, сколько и какие именно входы и выходы следует включать в модель, ответ не прост и не всегда однозначен. Установим причины этого факта.

Множественность входов и выходов

Главной причиной множественности входов и выходов в модели "черного ящика" является то, что всякая реальная система, как и любой объект, взаимодействует с объектами окружающей среды неограниченным числом способов.

Строя модель системы, мы из этого бесчисленного множества связей отбираем конечное их число для включения в список входов и выходов. Критерием отбора при этом является целевое назначение модели, существенность той или иной связи по отношению к этой цели. То, что существенно, важно, включается в модель, то, что несущественно, неважно, — не включается. Именно здесь возможны ошибки. Тот факт, что мы не учитываем в модели, исключаем из рассмотрения остальные связи, не лишает их

реальности, они все равно действуют независимо от нас. И нередко оказывается, что казавшееся несущественным или неизвестным для нас на самом деле является важным и должно быть учтено.

Особое значение этот момент имеет при задании цели системы, т.е. при определении ее выходов. Это относится и к описанию существующей системы по результатам ее обследования, и к проекту пока еще не существующей системы.

Реальная система неизбежно вступает во взаимодействия со всеми объектами окружающей среды, поэтому важно как можно раньше, лучше всего еще на стадии построения (проектирования) модели, учесть все наиболее важное. В результате главную цель приходится сопровождать заданием дополнительных целей. К примеру 2 можно добавить пример пассажирского самолета; нужно не только чтобы он летал, но и чтобы при этом обеспечивались необходимый комфорт и безопасность пассажиров, не создавался слишком сильный шум при полете над населенными пунктами, не требовались слишком длинные взлетно-посадочные полосы, соблюдались экономические выгоды в эксплуатации и многое другое. Важно подчеркнуть, что выполнения только основной цели недостаточно, что невыполнение дополнительных целей может сделать ненужным или даже вредным и опасным достижение основной цели. Этот момент заслуживает особого внимания, так как на практике часто обнаруживается незнание, непонимание или недооценка важности указанного положения. Между тем оно является одним из центральных во всей системологии.

Лет тридцать назад свечение цифр и стрелок наручных часов было достигнуто применением фосфоресцирующей краски (т.н. «белый фосфор»). Впоследствии оказалось, что кроме полезного эффекта возникали вредные для здоровья излучения, и выпуск таких часов пришлось прекратить. Теперь найдены нерадиоактивные светящиеся материалы, и светящиеся часы вновь появились в продаже.

Модель "черного ящика" часто оказывается не только очень полезной, но в ряде случаев единственно применимой при изучении систем. Например, при исследовании психики человека или влияния лекарства на живой организм мы лишены возможности вмешательства в систему иначе, как только через ее входы, и выводы делаем только на основании наблюдения за ее выходами. Это вообще относится к таким исследованиям, в результате проведения которых нужно получить данные о системе в обычной для нее обстановке, где следует специально заботиться о том, чтобы измерения как можно меньше влияли на саму систему.

Другая причина того, что приходится ограничиваться только моделью "черного ящика", — действительное отсутствие данных о внутреннем устройстве системы.

Например, мы не знаем, как "устроен" электрон, но знаем, как он взаимодействует с электрическими и магнитными полями, с гравитационным полем. Это и есть описание электрона на уровне модели "черного ящика".

Заметим, что модель черного ящика может быть построена не только для реально существующего объекта, но и для абстрактной проблемной ситуации.

Задание:

1. Выберите систему для моделирования. При выборе учитывайте, что вам должны быть известны хотя бы в общих чертах структура и принципы функционирования системы, а так же ее назначение.

2. Опишите входы выбранной системы.

3. Опишите выходы системы.

4. Перечислите нежелательные входы и выходы.

5. Предложите способы устранения недостатков системы

МОДЕЛЬ СОСТАВА СИСТЕМЫ

Очевидно, что вопросы, касающиеся внутреннего устройства системы, невозможно решить только с помощью модели "черного ящика". Для этого необходимы более развитые, более детальные модели.

Компоненты модели состава

При рассмотрении любой системы прежде всего обнаруживается то, что ее целостность и обособленность (отображенные в модели черного ящика) выступают как внешние свойства. Внутренность же "ящика" оказывается неоднородной, что позволяет различать составные части самой системы. При более детальном рассмотрении некоторые части системы могут быть, в свою очередь, разбиты на составные части и т.д. Те части системы, которые мы рассматриваем как неделимые, будем называть элементами. Части системы, состоящие более чем из одного элемента, назовем подсистемами. При необходимости можно ввести обозначения или термины, указывающие на иерархию частей (например, "подподсистемы", или "подсистемы такого-то уровня").

В результате получается **модель состава системы**, описывающая, из каких подсистем и элементов она состоит.

Сложности построения модели состава системы

Построение модели состава системы только на первый взгляд кажется простым делом. Если дать разным экспертам задание определить состав одной и той же системы, то результаты их работы будут различаться, и иногда довольно значительно. Причины этого состоят не только в том, что у них может быть различная степень знания системы: один и тот же эксперт при разных условиях также может дать разные модели. Существуют, по крайней мере, еще три важные причины этого факта.

Во-первых, разные модели состава получаются вследствие того, что понятие элементарности можно определить по-разному. То, что с одной точки зрения является элементом, с другой — оказывается подсистемой, подлежащей дальнейшему разделению.

Во-вторых, как и любые модели, модель состава является целевой, и для различных целей один и тот же объект потребуются разбить на разные части. Например, один и тот же завод для директора, главного бухгалтера, начальника пожарной охраны состоит из совершенно различных подсистем. Точно так же модели состава самолета с точек зрения летчика, стюардессы, пассажира и аэродромного диспетчера окажутся различными. То, что для одного обязательно войдет в модель может совершенно не интересовать другого.

В-третьих, модели состава различаются потому, что всякое деление целого на части, всякое деление системы на подсистемы является относительным, в определенной степени условным. Например, тормозную систему автомобиля можно отнести либо к ходовой части, либо к подсистеме управления. Другими словами, границы между подсистемами условны, относительны, модельны.

Это относится и к границам между самой системой и окружающей средой; поэтому остановимся на этом моменте подробнее. В качестве примера рассмотрим систему "часы". Какую бы природу ни имели устройства, которые мы называем часами, в них можно выделить две подсистемы: датчик времени, т.е. процесс, ход которого изображает течение времени (это может быть равномерное раскручивание пружины, электрический ток с некоторым постоянным параметром, равномерное течение струйки песка, вращение Земли вокруг своей оси, колебания некоторой молекулы и т.д.); индикатор времени, т.е. устройство, преобразующее, отображающее состояние датчика в сигнал времени для пользователя. Модель состава часов можно считать полностью исчерпанной (если снова не разбивать эти две подсистемы). Однако, поскольку фактически каждые часы показывают состояние своего датчика, рано или поздно их показания разойдутся между собой. Выход из этого положения состоит в синхронизации всех часов с неким общим для

всех эталоном времени, например с помощью сигналов "точного времени", передаваемых по радио. Здесь и возникает вопрос: включать ли эталон времени в состав часов как системы или рассматривать часы как подсистему в общей системе указания времени?

Из всего вышесказанного можно сделать вывод:

Модель состава системы отображает, из каких частей (подсистем и элементов) состоит система. Главная трудность в построении модели состава заключается в том, что разделение целостной системы на части является относительным, условным, зависящим от целей моделирования (это относится не только к границам между частями системы, но и к границам самой системы). Кроме того, относительным является и определение самой малой части — элемента.

Задание:

1. Выберите систему для моделирования. При выборе учитывайте, что вам должны быть известны хотя бы в общих чертах структура и принципы функционирования системы, а так же ее назначение.

2. Постройте модель состава выбранной системы.

МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ

Еще раз подчеркнем, что для достижения ряда практических целей достаточно модели "черного ящика" или модели состава. Однако очевидно, что есть вопросы, решить которые с помощью этих моделей нельзя. Чтобы получить велосипед, недостаточно иметь "ящик" со всеми отдельными его деталями (состав налицо). Необходимо еще правильно соединить все детали между собой, или, говоря более общно, установить между элементами определенные связи — отношения. Совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между элементами называется структурой системы.

Отношения и структуры

Перечень связей между элементами (т.е. структура системы) является отвлеченной, абстрактной моделью: установлены только отношения между элементами, но не рассмотрены сами элементы. Хотя на практике безотносительно к элементам говорить о связях можно лишь после того, как отдельно рассмотрены сами элементы (т.е. рассмотрена модель состава), теоретически модель структуры можно изучать отдельно.

Бесконечность природы проявляется и в том, что между реальными объектами, вовлеченными в систему, имеется невообразимое (может быть, бесчисленное) количество отношений. Однако когда мы рассматриваем некоторую совокупность объектов как систему, то из всех отношений важными, т.е. существенными для достижения цели, являются лишь некоторые. Точнее, в модель структуры (т.е. в список отношений) мы включаем только конечное число связей, которые, по нашему мнению, существенны по отношению к рассматриваемой цели.

Рассмотрим систему "часы вообще". 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	Приблизительное соответствие
Эталон и датчик	Приблизительное соответствие
Индикатор и эталон	Периодическое сравнение и устранение расхождения

Отношения между элементами могут быть самыми разнообразными. Однако можно попытаться их классифицировать и по возможности перечислить. Трудность состоит в том, что мы знаем не все реально существующие отношения и вообще неизвестно, является ли конечным их число. Интересное исследование было проведено с естественными языками. Выделение языковых конструкций, выражающих отношения (типа находиться на (под, около, ...), быть причиной, быть подобным, быть одновременно, состоять из, двигаться к (от, вокруг, ...) и т.п.), привело к выводу, что в английском, итальянском и русском языках число выражаемых отношений примерно одинаково и немного превышает 200. Этот результат не может служить доказательством конечности числа отношений, но сам факт дает повод для размышлений.

Подведем итог, модель структуры системы отображает связи между компонентами модели ее состава, т.е. совокупность связанных между собой моделей "черного ящика" для каждой из частей системы.

Задание:

1. Выберите систему для моделирования. При выборе учитывайте, что вам должны быть известны хотя бы в общих чертах структура и принципы функционирования системы, а так же ее назначение.

2. Постройте модель структуры системы: свойства системы, свойства подсистем, отношения между подсистемами.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Силич М. П. Основы теории систем и системного анализа [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Силич М. П., Силич В. А. - 2013. - 342 - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/5452>.
2. Алексеев В. П. Системный анализ и методы научно-технического творчества, Системный анализ в сервисе [Электронный ресурс]: Методические указания для проведения практических и лабораторных занятий и организации самостоятельной работы / Алексеев В. П. - 2012. - 7 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2526>.

Дополнительная литература

1. Баранник В. Г. Системный анализ, оптимизация и принятие решений [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Баранник В. Г., Истигечева Е. В. - 2014. - 99 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/5685>.