
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

«___» _____ 2018 г.

М.Г. Носова

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ
*Учебно–методическое пособие для практических занятий и
самостоятельной работы студентов*

Носова М. Г. Теория систем и системный анализ: учебно–методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов – Томск: Изд–во ТУСУР, 2018. – 15 с.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Принципы теории систем и системная парадигма.....	4
Системы и их свойства.....	6
Общая методология прикладного системного анализа.....	9
Построение моделей и управление в системах.....	11
Технология прикладного системного анализа.....	13
Список рекомендуемой литературы.....	15

ПРИНЦИПЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ И СИСТЕМНАЯ ПАРАДИГМА

Научно–техническая революция привела к возникновению таких понятий как **большие и сложные системы**, обладающие специфическими для них особенностями. Необходимость решения проблем, возникающих в таких системах, вызвала к жизни множество приемов, методов, подходов, которые постоянно накапливались, развивались, обогащались, образовав, в конце концов, определенную технологию преодоления количественных и качественных сложностей.

За несколько десятилетий идея формирования общеупотребительной методики решения проблем была доведена до создания специальной технологии, которую стали называть **прикладной системный анализ**. Эта область знаний уже стала профессией: в ряде университетов мира готовят системных аналитиков; существуют десятки фирм, принимающих заказы на решение любых проблем от любых клиентов;

Появилась объективная необходимость в возникновении прикладной науки, устанавливающей связь между абстрактными теориями системности и системной практикой. Это движение оформилось в науку, которая получила название «системный анализ».

Системный анализ – совокупность методологических средств, обеспечивающих построение моделей и решение сложных проблем политического, социального, экономического, правового и др. характера.

Теория систем базируется на ряде прикладных математических дисциплин, таких как теория оптимального управления, теория принятия решений, экспертный анализ, исследование операций.

Таким образом, **системный анализ** – междисциплинарный курс, обобщающий методологию исследования сложных технических, природных и социальных систем.

Системный анализ – это совокупность методов, основанных на использовании ЭВМ и ориентированных на исследование сложных систем – технических, экономических, экологических и т.д.

Системный подход – направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы.

Говоря о **системном подходе**, можно говорить о некотором способе организации наших действий, таком, который охватывает любой род деятельности, выявляя закономерности и взаимосвязи с целью их более эффективного использования.

Основные принципы теории систем:

- **Целостность**, позволяющая рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней.
- **Структуризация**, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры. Как правило, процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами её отдельных элементов, сколько свойствами самой структуры.
- **Иерархичность строения**, то есть наличие множества (по крайней мере, двух) элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня (пример управляющей и управляемой).

- **Множественность**, позволяющая использовать множество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов и системы в целом.
- **Системность**, свойство объекта обладать всеми признаками системы.

Вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Может ли какой–нибудь объект или явление быть несистемным?
2. Что такое проблемная ситуация?
3. Что называется алгоритмом?
4. Какие особенности мышления позволяют утверждать, что оно системно?
5. Назовите основные события в развитии системных представлений в течение последних 100 лет.
6. Прокомментируйте изменения в системности наших знаний о Природе с открытием таблицы Менделеева.

СИСТЕМЫ И ИХ СВОЙСТВА

В литературе встречается большое количество определений сложной системы. Все они отражают те или иные важные стороны данного объекта. Приведем ряд определений.

Система – совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях и связях между собой и образующих некоторое целостное единство.

Системой называется упорядоченная совокупность материальных объектов (элементов), объединенных какими-либо связями (механическими, информационными), предназначенных для достижения определенной цели и достигающих ее наилучшим (по возможности) образом.

Система есть средство достижения цели.

Система есть совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое.

Приведенные определения, тем не менее, не дают однозначного толкования, что считать системой, а что нет. Не устанавливают однозначных границ систем. И действительно, система – понятие относительное.

Термин «система» употребляется в очень широком смысле. Мы говорим: Солнечная система, система Станиславского, нервная система, система уравнений, отопительная система, система взглядов и убеждений и т.д.

Важной особенностью любой системы является то, что она создается или функционирует для достижения определенной **цели**.

В результате динамического поведения системы решаются какие-то **определенные задачи**, которые в конечном итоге приводят к достижению глобальной цели функционирования или развития системы.

Статические свойства системы

Статическими свойствами назовем особенности конкретного состояния системы. Это как бы то, что можно разглядеть на мгновенной фотографии системы, то, чем обладает система в любой, но фиксированный момент времени.

Целостность – первое свойство системы. Всякая система выступает как нечто единое, целое, обособленное, отличающееся от всего остального.

Открытость – второе свойство системы. Выделяемая, отличимая от всего остального, система не изолирована от окружающей среды. Наоборот, они связаны и обмениваются между собой любыми видами ресурсов (веществом, энергией, информацией и т.д.).

Отметим, что связи системы со средой имеют направленный характер: по одним среда влияет на систему (их называют входами системы), по другим система оказывает влияние на среду, что-то делает в среде, что-то выдает в среду (такие связи называют выходами системы). Перечень входов и выходов системы называют **моделью черного ящика**. В этой модели отсутствует информация о внутренних особенностях системы. Несмотря на (кажущуюся) простоту и бедность содержания модели черного ящика, эта модель часто вполне достаточна для работы с системой.

Внутренняя неоднородность – различимость частей (третье свойство системы). Если заглянуть внутрь «черного ящика», то выяснится, что система не однородна, не монолитна: можно обнаружить, что разные качества в разных местах отличаются. Описание внутренней неоднородности системы сводится к обособлению относительно однородных участков, проведению границ между ними. Так появляется понятие о частях системы. При более детальном рассмотрении оказывается, что выделенные крупные части тоже не однородны, что требует выделять еще более мелкие части. В результате получается иерархический список частей системы, который мы будем называть **моделью состава системы**.

Структурированность – четвертое статическое свойство заключается в том, что части системы не независимы, не изолированы друг от друга; они связаны между собой, взаимодействуют друг с другом. При этом свойства системы в целом существенно зависят от того, как именно взаимодействуют ее части. Поэтому так часто важна информация о связях частей. Перечень существенных связей между элементами системы называется **моделью структуры системы**.

Динамические свойства системы

Перейдем к рассмотрению второй группы свойств систем, называемых **динамическими свойствами**. Если рассмотреть состояние системы в другой, отличный от первого, момент времени, то мы вновь обнаружим все четыре статических свойства. Но если наложить эти две «фотографии» друг на друга, то обнаружится, что они отличаются в деталях: за время между двумя моментами наблюдения произошли какие-то изменения в системе и ее окружении.

Функциональность – это ее поведение во внешней среде; изменения, производимые системой в окружающей среде; результаты ее деятельности; продукция, производимая системой.

Стимулируемость – подверженность любой системы воздействиям извне и изменение ее поведения под этими воздействиями.

Изменчивость системы со временем – подверженность любой системе изменениям. Изменяться в системе может что угодно, но в терминах наших моделей можно дать наглядную классификацию изменений: изменяться могут значения внутренних переменных, состав и структура системы и любые их комбинации.

Существование в изменяющейся среде – неизбежность существования системы в постоянно изменяющемся окружении, что имеет множество последствий для самой системы, начиная с необходимости ее приспособления к внешним переменам, чтобы не погибнуть, до различных других реакций системы.

Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

1. Самостоятельно изучите синтетические свойства систем.
2. Приведите примеры систем и укажите их статические, динамические и синтетические свойства.

3. 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.
4. Для выбранной системы постройте модель черного ящика, модель состава и модель структуры системы.

ОБЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Проблемная ситуация – это некоторое реальное стечение обстоятельств, положение вещей, которым кто-то недоволен, не удовлетворён и хотел бы изменить. Это определение иллюстрируется

Проблема – это субъективное отрицательное отношение субъекта к реальности.

Существует целый ряд возможностей решения проблем. Они разбиваются на две группы: 1) воздействовать на субъект с целью уменьшить его недовольство, не изменяя реальности; 2) изменить реальность так, чтобы недовольство субъекта ослабло. Рассмотрим каждую из групп.

Способы влияния на субъект

Есть три возможности изменить к лучшему отношение субъекта к реальности, не изменяя самой реальности:

1. Сообщить дополнительную позитивную информацию о сложившейся ситуации;
2. Изменить восприятие реальности субъектом;
3. Прервать взаимодействие субъекта с ситуацией.

Вмешательство в реальность

Решая проблему клиента при наличии других участников ситуации с неизбежно отличающимися интересами, необходимо действовать правильно.

Правильным считается поведение, максимально согласующееся с принятой **субъектом идеологией**. Именно идеология и определяет, что плохо, а что хорошо, что правильно, а что неправильно. Выясняется, что идеологии могут быть разными. Выбор каждым «своей» идеологии есть комплексный результат личного выбора, воздействия воспитания, культуры, обстоятельств.

Три типа идеологии:

1. принципом приоритета меньшинства;
2. принципом приоритета группы;
3. принципом приоритета каждого.

Прикладной системный анализ придерживается третьей идеологии. В основе ее лежат два постулата:

- нет ни одного одинакового субъекта, все они различны;
- несмотря на различия, все субъекты равноценны и равноправны.

Отсюда следует, что неправильно, аморально решать проблемы одних за счет других. Правильным, моральным признается только улучшающее вмешательство.

Улучшающее вмешательство – это такое изменение проблемной ситуации, которое положительно оценивается хотя бы одним из ее участников и неотрицательно – всеми остальными.

Четыре типа вмешательств в реальность:

1. Absolution;
2. Resolution;
3. Solution;
4. Dissolution.

Вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Целью прикладного системного анализа является создание улучшающего вмешательства. Перечислите не менее трех причин, по которым в действительности это может не получиться.
2. Каков важный результат прикладного системного анализа конкретной проблемы, кроме решения самой проблемы?
3. Осуществимо ли улучшающее вмешательство?

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ И УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМАХ

Моделирование

Субъект, существуя в реальном мире, взаимодействует с ним, осуществляет ту или иную деятельность. Все возможные виды деятельности можно разбить на два типа: познание мира и преобразование его.

Важно понять, что любая деятельность субъекта становится возможной только благодаря моделям – системам, специфика которых направлена на обеспечение взаимодействия между субъектом и реальностью. Модели играют роль своеобразного посредника между ними.

Мир моделей субъекта начинает наращиваться на базе врожденных моделей путем извлечения информации из опыта жизни. А поскольку и врожденные модели у разных индивидов разные (особенно трудно родившимся с дефектами), и личный жизненный опыт протекает сугубо индивидуально, то и построенный к настоящему времени мир моделей у каждого субъекта уникален. А это означает, что каждый видит, воспринимает и оценивает мир по-своему.

Это многообразие индивидуальных миров играет существенную роль в обществе и должно учитываться при работе с людьми. Установив чрезвычайную важность моделирования в жизни субъекта, перейдем далее к рассмотрению того, как строятся модели.

Модель есть средство осуществления любой деятельности субъекта.

Модель есть форма существования знаний.

Модель есть системное отображение оригинала.

Модель есть отображение оригинала: *целевое* (множественность моделей для одного оригинала; познавательные и прагматические модели); *абстрактное* (спектр языков; классификация как простейшая модель разнообразия реальности) или *реальное* (прямое, косвенное и условное подобие); *упрощенное, приближенное; имеющее как истинное, так и ложное содержание; адекватное цели; ингерентное культуре пользователя.*

Вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Покажите, что познавательная и преобразовательная деятельности субъекта невозможны без моделирования.
2. Почему в любой модели есть, кроме истинного, и (обязательно и неизбежно) неистинное содержание?
3. Какое качество модели называется адекватностью?
4. Что является окружающей средой для модели?

Управление

Пять компонентов управления:

1. Объект управления, управляемая система;
2. Цель управления;
3. Управляющее воздействие;
4. Блок управления;
5. Модель системы.

После подачи на управляемый вход системы найденного воздействия система выдаст некоторый выходной процесс. При этом возможны различные исходы, требующие различных действий по управлению системой. Это и порождает различные типы управления.

Первый тип управления – управление простой системой, или программное управление.

Второй тип управления – управление сложной системой.

Третий тип управления – управление по параметрам, или регулирование

Четвертый тип управления – управление по структуре.

Пятый тип управления – управление по целям.

Шестой тип управления – управление большими системами.

Седьмой тип управления – когда управлять текущими событиями приходится, но конечная цель непостижима, неизвестна.

Вопросы для самостоятельной работы студентов

1. При каких условиях поиск управляющего воздействия на самой системе является неразумным, неприемлемым?
2. Что такое «большая система»?
3. Придумайте примеры систем, которые были бы одновременно: малой и простой, малой и сложной, большой и простой, большой и сложной.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

В соответствии с системными представлениями, изложенными в предыдущих разделах, переход из состояния проблемной ситуации в состояние желаемой конечной цели – решения проблемы – должен осуществляться системно, упорядоченно, путем последовательного выполнения определенных шагов.

Шаг 1. Фиксация проблемы. Фиксация проблемы начинается с точного названия объекта проектирования и описания недостатков существующего прототипа или аналогов. Заметим, что фиксация проблемы является лишь отправной точкой для отыскания недостающей информации по объекту проектирования, а вовсе не окончательной формулировкой проблемы, которая в полной мере будет выполнена на последующих этапах системного исследования.

Шаг 2. Диагностика проблемы. Какой из способов решения проблем применить для решения данной проблемы, зависит от того, выберем ли мы воздействие на самого недовольного субъекта или вмешательство в реальность, которой он недоволен (возможны случаи, когда целесообразно сочетание обоих воздействий). Задача данного этапа и состоит в том, чтобы поставить диагноз – определить, к какому типу относится проблема.

Шаг 3. Составление списка участников проблемной ситуации. Для того, чтобы спроектировать технический объект, не породив новых проблем, необходимо выявить всех участников проблемной ситуации.

Шаг 4. Составление проблемного массива. Имея список участников проблемной ситуации, необходимо заняться их проблематикой, то есть изучением проблем каждого участника в общей проблеме создания технического объекта. Проблемный массив – это список участников проблемной ситуации с указанием проблем каждого участника.

Шаг 5. Выбор конфигуратора. Для того, чтобы построить адекватную модель проблемы создания объекта проектирования, необходимо описать этот объект, используя различные языки. Под конфигуратором понимается минимально необходимое количество языков для создания адекватной модели проблемы. Так, для создания радиоэлектронных средств различной сложности могут быть использованы следующие языки:

- профессиональный (по характеру проблемы);
- математический;
- алгоритмический;
- финансовый;
- технические (язык чертежа, схемы);
- информационный.

Шаг 6. Целевыявление. На этом этапе формируются (желательно самими участниками) цели участников проблемной ситуации, достижение которых позволяет решить проблему создания объекта проектирования, заключающуюся в установлении требуемых технических параметров объекта.

Шаг 7. Формирование критериев. Выявив цели, приступают к выбору критериев, позволяющих оценить движение к целям в процессе проектирования.

Шаг 8. Экспериментальное исследование систем. Эксперимент и модель. Часто недостающую информацию о системе можно получить только из самой системы, проведя

специально спланированный для этого эксперимент. Содержащуюся в протоколе эксперимента информацию извлекают, подвергая полученные данные обработке, преобразованию в форму, пригодную для включения ее в модель системы. Завершающим действием является коррекция модели, включающая полученную информацию в модель. Легко воспринимается, что эксперимент нужен для совершенствования модели. Важно понять также, что эксперимент невозможен без модели.

Шаг 9. Построение и усовершенствование моделей. Исследование проблемы и путей достижения выявленных целей. Исследование проблемы в конечном итоге выливается в детальное изучение проектируемого объекта, в прогнозирование значений сформированных критериев и в выбор методов достижения заданных значений критериев.

Шаг 10. Генерирование вариантов. Для принятия новых технических решений по проблеме проектирования могут быть использованы следующие методы: мозговые атаки, морфологический анализ, функционально–стоимостной анализ, метод эвристических приемов, использование теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), использование “изобретающих” пакетов прикладных программ, аналитические методы, моделирование и исследование моделей.

Шаг 11. Выбор метода решения проблемной ситуации. На этом этапе из множества сгенерированных вариантов (шаг 8) с помощью выбранных критериев (шаг 7) принимается решение о том, какой вариант должен быть реализован, а какие отброшены.

Шаг 12. Реализация улучшающего вмешательства. После принятия решения о том, какое именно из улучшающих вмешательств следует осуществить (это итог предыдущего этапа), предстоит работа по реализации этого решения (это задача данного этапа).

Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

1. Почему не следует решать проблему клиента в отрыве от проблемного месива?
2. Как решать трудности, возникающие при недоступности части стейкхолдеров?
3. Почему для проектирования улучшающего вмешательства необходимо выявить цели стейкхолдеров?
4. Чем определяется набор (число и характер) необходимых критериев?
5. Чем отличаются прямые и косвенные измерения? Как следует учитывать разницу между ними при обработке данных эксперимента?
6. Попробуйте опознать, в каких шкалах сделаны записи в каждом столбце на странице вашей зачетной книжки.
7. Назовите три фактора, сильно тормозящих творческий процесс.
8. Почему на данном этапе групповое творчество предпочтительнее индивидуального?
9. Что значит «оценить риски» проекта?
10. Выберите проблеме. Используя технологию прикладного системного анализа решите ее.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Горячая линия–Телеком, 2012. – 210 с. [Электронный ресурс]. – <https://e.lanbook.com/book/5159>, дата обращения: 10.05.2018.
2. Силич М.П. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / М.П. Силич, В.А. Силич. – Москва: ТУСУР, 2011. – 276 с. – [Электронный ресурс]. – <https://e.lanbook.com/book/4957>, дата обращения: 10.05.2018.
3. Перегудов Ф. И. Основы системного анализа: учебник/ Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – 3-е изд. – Томск: Издательство научно-технической литературы, 2001. – 390 с. (наличие в библиотеке ТУСУР – 103 экз.)

Дополнительная литература

1. Силич М. П. Основы теории систем и системного анализа: Учебное пособие [Электронный ресурс] / М. П. Силич, В. А. Силич – Томск: ТУСУР, 2013. – 342 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5452>.
2. Баранник В. Г. Системный анализ, оптимизация и принятие решений: Учебное пособие [Электронный ресурс] / В. Г. Баранник, Е. В. Истигечева – Томск: ТУСУР, 2014. – 99 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5685>.
3. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ: Учебное пособие для вузов/ Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. - М.: Высшая школа, 1989. - 367 с. (наличие в библиотеке ТУСУР – 28 экз.)