

**Федеральное агентство по образованию**

Аннотация

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования «Томский  
государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники»**

Методические рекомендации по выполнению практических и самостоятельных работ для студентов направления 230100, 23020 по дисциплине «Теория систем и системный анализ».

**Кафедра экономической математики, информатики и  
статистики**

Ю.Р. Цой

**ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ**

**Учебно-методическое пособие**

**Томск - 2012**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЧЕРНОГО ЯЩИКА СИСТЕМЫ .....	6
2. МОДЕЛИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ .....	8
3. ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМАХ .....	10
4. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ .....	16
5. УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМАХ.....	18
6. ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ.....	19
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20

## 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 для параллельных вычислений.
2. Университет нового типа.
3. Система образования.
4. Система искусственного интеллекта.
5. Перелет на Альфу-Центавра.
6. Земное правительство.
7. Удобное массовое транспортное средство.
8. Транспортная система.
9. Система налогообложения.
10. Организация рабочего места.
11. Планшетный компьютер для студента.
12. Текстовый редактор для учебы и научной работы.
13. Фильтрация спама.
14. Система поддержки научных исследований.
15. Развитие спорта.
16. Развитие культуры.
17. Борьба с наркоманией и алкоголизмом.
18. Международный язык для общения.
19. Система регистрации изобретений.
20. Семантическая поисковая система.
21. Свой вариант, согласованный с преподавателем.

# 1. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЧЕРНОГО ЯЩИКА СИСТЕМЫ

Часто необходимая информация о системе недоступна. Тем не менее, необходимо провести анализ системы. Это можно сделать на основе анализа взаимодействия системы со средой. Для этого необходимо определить входы и выходы системы, т.е. источники воздействия на систему и результаты функционирования этой системы<sup>1</sup>.

На основе информации о входах и выходах можно сделать предположения о свойствах системы. Например, если в систему поступает электричество, то вероятно в ней есть электрические цепи и если система рабочая, то по уровню электромагнитного шума можно попытаться локализовать микросхемы, определить их активность в зависимости от времени. Или если известно, что система зависит от экономики региона, то в ней имеются товарно-денежные отношения, должна быть административная структура.

Если имеется возможность изменять состояние входов системы, то появляется дополнительная возможность изучения системы. Так взломщики микросхем подают на входные контакты микросхемы различные сигналы специального вида и следят за состояниями на выходных контактах, чтобы понять их роль и особенности работы. В подобной манере осуществляется и тестирование программного обеспечения неизвестного назначения.

Для выявления входов и выходов системы полезно использовать следующие вопросы:

- Что влияет на систему?
- На что влияет система?
- Кому/чему система приносит вред или пользу?
- Какие ресурсы необходимы для функционирования системы?
- Кто работает с системой?
- Каким образом описывается работа системы?
- Что произойдет, если системы не будет?

---

<sup>1</sup> Здесь используется «техническая» терминология, однако это не значит, что рассматриваются только технические системы. К системам могут относиться и биологические системы, естественные языки, стили живописи и т.д.

- Что произойдет, если размеры/масштаб системы увеличатся в 10, 100, 1000 раз?

Модель черного ящика может быть построена не только для реально существующего объекта, но и для абстрактной проблемной ситуации. Отметим, что один и тот же объект может являться и входом, и выходом в модели ЧЯ.

## Упражнения:

1. Каковы возможные причины отсутствия информации о системе, приводящие к необходимости построения модели черного ящика?
2. Постройте модель черного ящика для существующей технической системы.
3. Постройте модель черного ящика для существующей системы не технической природы.
4. Постройте модель черного ящика для существующей проблемы в обществе/регионе.
5. Что общего и каковы отличия построения моделей для систем с разным происхождением?
6. Проанализируйте применение модели черного ящика для задачи доступа к конфиденциальной информации. Как это должно повлиять на требования к безопасности?
7. Существуют ли жизненные ситуации, приводящие к необходимости возможно неявного построения модели черного ящика?

## 2. МОДЕЛИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ

Системный анализ включает следующие три крупных этапа:

1. Декомпозиция (анализ). Разделение рассматриваемой системы на составляющие части.
2. Понимание. Выявление целей и роли отдельных составляющих, понимание особенностей их функционирования.
3. Синтез. Объединение результатов предыдущих этапов, приводящее к более полному и качественному пониманию исходной системы.

На первом этапе возможно разделение исходной системы на отдельные части как с точки зрения состава, так и с точки зрения потоков материи, энергии и информации. Это приводит к появлению моделей состава и структуры соответственно.

Модель состава возникает, когда известен состав системы. При этом часто взаимодействие между частями на некоторое время может оставаться неясным. Примером является россыпь деталей конструктора, из которых необходимо собрать сложную модель.

Модель структуры описывает взаимодействие между отдельными частями системы. При этом назначение частей может оставаться неизвестным. Так бывает, например, если можно отследить потоки информации в системе, но роли отправителя и получателя и смысл сообщений при этом неизвестны.

Если доступна информация и о составе, и о структуре системы, то тогда говорят о модели состава и структуры. Однако в данном случае неизвестным может быть взаимодействие элементов, режимы работы системы.

Построение моделей состава и структуры сталкивается с проблемой субъективности. Разные люди, анализируя один и тот же объект, могут разделить его по-разному, в зависимости от целей, жизненного опыта и других факторов. При этом возможны различия «в ширину» и «в глубину».

Различия «в ширину» при декомпозиции заключаются в том, что один и тот же объект может быть разделен на разные части. Так, существуют политическая и физические карты мира, границы областей в которых не совпадают.

Различия «в глубину» проявляются, если отличается детализация представления. На примере той же карты можно декомпозировать ее по странам, а можно и по отдельным областям, районам и кварталам.

В силу этого могут существовать различные точки зрения на устройство одной и той же системы, которые при этом будут правильными, но их полезность зависит от решаемой задачи. Выбор того или иного варианта представления зависит от целей анализа, очевидно, что декомпозиция не должна быть чересчур упрощенной, а с другой стороны, она не должна быть и излишне подробной.

Аналогичные проблемы могут встретиться и при построении модели структуры<sup>2</sup>.

### Упражнения:

1. Каковы возможные причины отсутствия информации о системе, приводящие к необходимости построения модели черного ящика?
2. Постройте модель черного ящика для существующей технической системы.
3. Постройте модель черного ящика для существующей системы не технической природы.
4. Постройте модель черного ящика для существующей проблемы в обществе/регионе.
5. Что общего и каковы отличия построения моделей для систем с разным происхождением?
6. Проанализируйте применение модели черного ящика для задачи доступа к конфиденциальной информации. Как это должно повлиять на требования к безопасности?
7. Существуют ли жизненные ситуации, приводящие к необходимости возможно неявного построения модели черного ящика?

---

<sup>2</sup> В теории графов существует возможность преобразования графа к виду, в котором дуги становятся вершинами, а вершины – дугами. Обратное преобразование также возможно.

### 3. ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМАХ

Искусственные системы создаются для решения каких-либо задач, т.е. можно сказать, что все системы целеориентированы. Существование задачи подразумевает наличие обстоятельств, которые по ряду параметров не удовлетворяют некоего субъекта, либо группу субъектов. Другими словами, имеет место **проблема** или **конфликт**.

Причины возникновения проблем могут быть различными и их можно разделить на следующие группы:

1. Объективные (возникают в силу законов физики, социологии, физиологии и т.д.).
2. Организационно-управленческие (отношения «начальник-подчиненный», бюрократия, плохое распределение ресурсов).
3. Социально-психологические (несовместимость характеров, психологические особенности восприятия, настроение).
4. Личностные (различные комплексы, особенности характера и воспитания).

Проблема включает три компонента:

1. Субъект. Лицо или группа лиц, которых не устраивает возникшая проблемная ситуация
2. Проблемная ситуация (ПС). Состояние системы, «неудобное» для субъекта.
3. Отношение к проблемной ситуации.

Решение проблемы может включать воздействие на все три компонента по отдельности, либо вместе.

Как правило, с проблемой связан не только рассматриваемый субъект, но есть и другие участники, которые прямо или косвенно влияют на проблемную ситуацию и/или зависят от нее.

При решении проблемы важно определить всех субъектов, непосредственно связанных с проблемой, и выяснить их цели и отношение к проблемной ситуации. Учет полученной информации необходим для выработки корректного решения, в противном случае реализация выбранного решения может столкнуться с серьезными трудностями. По возможности выработка решения должна производиться с участием представителей всех заинтересованных сторон и при поддержке руководства. При этом возможны ситуации, когда за «одним столом» находятся представители фирм-конкурентов.

Например, выработка отраслевого стандарта для гетерогенных параллельных вычислений OpenCL<sup>3</sup> производится с участием компаний Intel, AMD, nVidia, ARM, IBM и др.

Для выявления всех участников, называемых в системном анализе **стейкхолдерами**, предложены различные методики. Согласно рекомендациям Европейской комиссии, можно использовать следующий список вопросов:

- Чье мнение и опыт были бы полезны?
- Кто будет принимать решения по проекту?
- Кто предполагается исполнителем решений?
- Чья поддержка существенна для успеха проекта?
- Кто имеет право быть участником проекта?
- Кто может воспринять проект как угрозу?

Необходимо также учитывать, что помимо стейкхолдеров, с которыми можно вести переговоры, существуют также так называемые безмолвные стейкхолдеры, мнение которых узнать невозможно. Примерами являются:

- Предыдущие поколения. Решение должно в той или иной степени соответствовать культурному и историческому наследию предыдущих поколений. Так, к примеру, план застройки города формируется с учетом «исторического портрета» города.
- Следующие поколения. Являются пользователями результатов принимаемого решения, однако отличие от заключается в том, что общество и технологии меняются, и необходимо учитывать эти изменения. Например, в мире существуют экспертные комитеты, которые отвечают за анализ тенденций развития человечества и выработывают соответствующие рекомендации.
- Окружающая среда. Любое решение так или иначе влияет на окружающую среду, что в свою очередь изменяет условия жизни. Поэтому важно учитывать экологические последствия решения.

Для определения отношения субъектов к проблемной ситуации и формирования тем самым более целостной картины проблемы

---

<sup>3</sup> <http://www.khronos.org/opencv/>

составляется **проблемное месиво**. При этом полезно составить дерево проблем, в котором отражается иерархия проблем, и видны зависимости между ними.

Определение проблемного месива неразрывно связано с описанием целей стейкхолдеров, т.к. часто проблемой является, то что мешает достижению целей. Кроме этого, важно знать цели стейкхолдеров, потому что проблема может быть устранена многими способами, но не все эти способы «коллинеарны» целям.

Выявление целей в силу различных причин часто сталкивается со следующими трудностями:

- сложность формализации и описания целей;
- несоответствие реальных и декларируемых целей;
- цель ошибочно принимается за средство и наоборот;
- несовпадение целей руководства/представителей и целей организации/группы.

Так же как и с проблемами, можно построить **дерево целей**, в котором цели будут упорядочены по их достижимости. Из информации о структуре этого дерева можно определить зависимость целей, а также то, является ли конкретный узел на некотором этапе целью (мы стремимся его достичь) или средством (его выполнение нужно для достижения следующего узла). Верхний уровень дерева будет соответствовать главной цели.

Поскольку стейкхолдеры могут представлять различные области знаний и профессиональной деятельности, то важно получить информацию «из первых рук», т.к. опыта системного аналитика может не хватить для понимания проблем и задач стейкхолдера. Кроме этого системный аналитик часто попросту не обладает актуальной информацией. Это обстоятельство подчеркивает междисциплинарность решения задач системного анализа, а также необходимость учета большого количества факторов при поиске решения<sup>4</sup>.

Обратите внимание, что цель формулируется не в самом начале, а только после того, как будет четко описана проблема, определяются непосредственные участники проблемы, и будет выявлено их отношение и их цели. Так происходит в силу того, что системный

---

<sup>4</sup> Отчасти в силу этого обстоятельства термин «системное мышление» подразумевает навыки всестороннего анализа ситуации.

анализ направлен не на локальное и где-то эгоистичное решение проблем конкретного субъекта, а на конструктивное изменение, имеющее большой положительный эффект для многих участников. Естественно, это усложняет исходную задачу, однако без этого не было бы необходимости в отдельной научной дисциплине, которую мы и изучаем.

После того, как выявлено проблемное месиво и построено дерево целей, можно приступать к генерации **альтернатив**, т.е. возможных вариантов решений. Существуют большое количество способов и методик генерации альтернатив. Нужно учитывать, что решение может быть неочевидным, нестандартным и требовать специализированных знаний. Поскольку поиск решения может быть задачей, сложной для одного человека, то для генерации альтернатив можно использовать либо специальные машинные, или человеко-машинные процедуры (для этого необходимо еще составить адекватную математическую модель задачи), либо применять коллективные методики. В случае коллективной генерации альтернатив известны такие приемы как «мозговой штурм», метод Дельфи и другие.

После получения набора альтернатив требуется **принять решение** о выборе наилучшей альтернативы, поэтому требуется сформулировать критерии оценки альтернатив и возможные ограничения на значения критериев, чтобы ограничить область допустимых решений. Заметим, что процесс поиска решения может быть итеративным, и если выбранная альтернатива оказалась неудовлетворительной, то может потребоваться возврат на этап генерации альтернатив. Принятию решений в системах будет посвящено следующее практическое занятие.

Поиск наилучшего решения требует учета следующих факторов:

- последствия принятия этого решения;
- изменения, которые необходимо сделать в системе для реализации и функционирования этого решения.

Все это порождает проблему **управления системой** для корректной реализации решения, поскольку известно множество примеров неудачного воплощения в жизнь неплохих идей<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Что приводит к появлению известных фраз, подобных «Хотели как лучше, получилос как всегда» (В.С. Черномырдин)

Кратко алгоритм поиска решения проблемы можно представить следующим образом<sup>6</sup>:

1. Фиксация проблемы, описание проблемной ситуации и выявление отношения субъекта.
2. Формирование списка стейкхолдеров.
3. Выявление проблемного месива.
4. Формулировка цели и подцелей.
5. Генерация альтернатив.
6. Формирование критериев оценки альтернатив и ограничений.
7. Выбор решения.
8. Реализация решения.

С точки зрения прикладного системного анализа, основной задачей системного аналитика является решение проблем и выработка улучшающего вмешательства (в терминологии Ф.П. Тарасенко). Поэтому анализ проблем и поиск путей их решения является одной из важнейших составляющих системного анализа.

### Упражнения:

Для существующей проблемной ситуации:

1. Определите (выберите) субъекта, с точки зрения которого будет рассматриваться проблема. Определите его отношение к проблемной ситуации.
2. Сформулируйте черновой вариант решения проблемы.
3. Перечислите список лиц, причастных к проблемной ситуации. Определите их отношение.
4. Сформулируйте возможные способы решения проблемы с точки зрения воздействия на субъекта, проблемную ситуацию, отношение. Должно получиться как минимум три варианта решения.
5. Проанализируйте плюсы и минусы предложенных решений, возможные последствия. Определите отношение к этим решениям с точки зрения других участников проблемной ситуации.

6. Рассмотрите, как решения повлияют на участников в краткосрочной перспективе. В средне- и долгосрочной перспективе.
7. Дайте оценку времени, необходимого для реализации предложенных вариантов решения.
8. Возможно ли улучшение существующих вариантов решения? Если возможно, то каким образом? Можно ли предложить более удачный вариант решения на основе проведенного анализа?
9. Сравните рассматриваемые варианты решения проблемы с черновым. Что изменилось? Какие преимущества и недостатки у чернового варианта?

---

<sup>6</sup> Более подробное описание алгоритма можно найти в пособии Ф.П. Тарасенко.

## 4. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ

В случае если возможно несколько вариантов (**альтернатив**) решения проблемы, возникает проблема выбора. Выбор осуществляется **лицом принимающим решения** (ЛПР), т.е. человеком, который должен нести ответственность за сделанный выбор.

В наиболее простой ситуации каждая альтернатива оценивается единственным параметром (**критерием**), имеющим численное значение. Тогда все альтернативы можно отранжировать по привлекательности и выбрать наилучшую.

Если критериев несколько, то возникает **проблема многокритериального выбора**. При этом задача часто осложняется тем, что у каждого критерия может быть своя важность, оценки по критериям измеряются по разным шкалам и как правило имеются ситуации, когда альтернатива A1 лучше альтернативы A2 по одним критериям, но хуже по другим. Очень часто важность критерия не задана в явном виде, тогда необходимо использовать специальные методы и процедуры работы с ЛПР и/или экспертом в рассматриваемой проблемной области, чтобы попытаться определить относительную важность критериев. Нередко многокритериальное принятие решений сопряжено с поиском компромиссов, т.к. достичь оптимальных оценок по всем критериям сразу зачастую нереально.

Во многих случаях применяют так называемые человеко-машинные процедуры, в которых выбор наилучшей альтернативы осуществляется итерационно с поочередным использованием двух этапов (пока не будет найдено удовлетворительное решение):

1. Этап расчетов на ЭВМ, на котором на основании данных от ЛПР и/или эксперта производится выбор наилучшей альтернативы.
2. Этап анализа, на котором ЛПР оценивает результаты первого этапа и в случае неудовлетворенности корректирует данные, например, вводит дополнительные ограничения, и производится перезапуск этапа расчетов.

В некоторых случаях ЛПР представлен не одним человеком, а коллективом (жюри, суд присяжных), что вносит свои особенности. В частности, у каждого человека может быть своя точка зрения на набор

критериев и их важность, которую необходимо учитывать при формировании финального решения. Кроме этого известны парадоксы коллективного принятия, такие как теорема Эрроу, согласно которой не существует процедуры голосования, обеспечивающей одновременно демократичность и непротиворечивость.

### Упражнения:

Для вариантов решения проблемы, рассмотренных в предыдущем модуле:

1. Сформулируйте критерии оптимальности решений. Определите наилучшие возможные значения по критериям.
2. Оцените предложенные варианты решений с использованием предложенных критериев.
3. Сформулируйте интегральный критерий и его обоснование. Выберите из предложенных вариантов решения оптимальный с точки зрения предложенного интегрального критерия.
4. Выберите из предложенных вариантов решения оптимальный с точки зрения многокритериального подхода.
5. Выберите из предложенных вариантов решения оптимальный, используя несколько голосование.
6. Сравните и проанализируйте результаты принятия решения по различным подходам.



## 5. УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМАХ

Формирование списка мероприятий, необходимых для реализации и поддержки решений. Формулирование критериев и ограничений, присущих для различных решений. Анализ условий выполнимости/невозможности достижения поставленных целей. Формирование «списка ответственности».

### Упражнения:

Для вариантов решения проблемы, рассмотренных в предыдущем модуле:

1. Сформулируйте критерии оптимальности решений (не менее 4 критериев). Определите наилучшие возможные значения по критериям.
2. Оцените предложенные варианты решений с использованием предложенных критериев.
3. Сформулируйте интегральный критерий и его обоснование. Выберите из предложенных вариантов решения оптимальный с точки зрения предложенного интегрального критерия.
4. Выберите из предложенных вариантов решения оптимальный с использованием многокритериального подхода.
5. Выберите из предложенных вариантов решения оптимальный, используя несколько голосование.
6. Сравните и проанализируйте результаты принятия решения по различным подходам.

## 6. ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ

Системный анализ сопряжен не только с анализом систем для решения различных проблем, но также подразумевает и переработку и структурирование больших объемов информации для представления ее в удобном виде. В связи с этим важным является умение составлять отчеты, содержащие результаты проделанной работы.

В данном задании вам предстоит написать отчет по всей проделанной работе по анализу и проектированию выбранного варианта системы. Структуру и содержимое отчета необходимо сформировать самостоятельно, при этом необходимо добиться следующих целей:

- отчет должен содержать информацию в структурированном виде;
- отчет должен быть по возможности компактным, но, в то же время, содержать сведения, касающиеся особенностей рассматриваемой системы;
- последовательность разделов отчета должна подчиняться определенной логике, которую рекомендуется излагать во вводной части отчета.

### Упражнения:

Для выбранной системы и на основе полученных в ходе предыдущих практических занятий:

1. Определите структуру и содержание отчета, описывающий предлагаемую систему.
2. Напишите отчет.
3. Поменяйтесь отчетами с одноклассниками. Прочитайте отчет и оцените его с точки зрения ясности, структурированности, понятности изложения задач и полученных результатов. Если в отчете имеются недостатки, отметьте их.
4. Подготовьте краткое сообщение на 10-15 минут о рассматриваемой системе и результатах проделанной работы для обсуждения с одноклассниками.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основная литература**

1. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2006. - 452 с.:
2. Кориков А. М., Павлов С. Н. Теория систем и системный анализ: учебное пособие для вузов. - Томск: ТУСУР, 2007. - 343 с. (40 экземпляров)
3. Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие/ С.Н. Павлов; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 134 с.
4. Перегудов Ф.И. Основы системного анализа: Учебник/ Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. - 3-е изд. - Томск: Издательство научно-технической литературы, 2001. – 390 с.

### **Дополнительная литература**

1. Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник: учебное пособие для вузов/ ред. В.Н. Волкова, ред. В.Н. Козлов. - М.: Высшая школа, 2004. - 613 с.
2. Тимаков С.О. Теория систем и системный анализ: Учебно-методическое пособие; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск: ТМЦДО, 2003. - 35 с.
3. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ. М.: КноРус, 2010. - 224 с.