

Методы системного анализа и проектирования информационных систем

I. Основы системного анализа

1. Базовые понятия системного анализа

1.1. Понятия и направления системного анализа

1.2. Объект системного анализа

1.3. Свойства сложных систем

1.4. Классификация систем

1.5. Задачи системного анализа

1.6. Методология системного анализа

1.7. Методики системного анализа



1.1. Понятия и направления системного анализа

Системный анализ – научный метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы.

Опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных естественнонаучных, статистических, математических методов.

Обязательные признаки системности объекта:


- *структурированность объекта;*
- *взаимосвязанность составляющих частей объекта;*
- *подчиненность организации объекта определенной цели*

Центральной проблемой системного анализа является проблема принятия решения.

Применительно к задачам исследования, проектирования и управления сложными системами проблема принятия решения связана с выбором определенной альтернативы в условиях различного рода неопределенности.

Неопределенность обусловлена многокритериальностью задач оптимизации, неопределенностью целей развития систем, неоднозначностью сценариев развития системы, недостаточностью априорной информации о системе, воздействием случайных факторов в ходе динамического развития системы и прочими условиями.

Системный анализ является дисциплиной синтетической. В нем можно выделить три главных научных направления. Эти три направления соответствуют трём этапам, которые всегда присутствуют в исследовании сложных систем:


- 1) построение модели исследуемой системы;
 - 2) постановка задачи исследования системы;
 - 3) решение поставленной математической задачи.
- 

1.2. Объект системного анализа

Объектом изучения системного анализа являются сложные системы.


Система может быть определена как «совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях и связях между собой и образующих некоторое целостное единство».

В технических науках *системой* называется упорядоченная совокупность материальных объектов (элементов), объединенных какими-либо связями (механическими, информационными), предназначенных для достижения определенной цели и достигающих её наилучшим образом.



1.3. Свойства сложных систем


Целостность (эмерджентность) – свойство системы, заключающееся в появлении у неё новых свойств, отсутствующих у её отдельных элементов. Проявление этой закономерности легко пояснить на примерах поведения популяций, социальных систем и даже технических объектов (свойства станка отличаются от свойств деталей, из которых он собран).




Наряду с изучением причин возникновения целостности можно получать полезные для практики результаты путем сравнительной оценки степени целостности систем (и их структур) при неизвестных причинах её возникновения.

Следующее свойство, двойственно по отношению к закономерности целостности.

Его называют *физической аддитивностью, независимостью, суммативностью, обособленностью.*




Коммуникативность. Это свойство составляет основу определения системы, из которого следует, что система не изолирована от других систем, она связана множеством коммуникаций со средой, представляющей собой, в свою очередь, сложное и неоднородное образование, содержащее надсистему (систему более высокого порядка, задающую требования и ограничения исследуемой системе), подсистемы (нижележащие, подведомственные системы) и системы одного уровня с рассматриваемой.




Иерархичность. Закономерность иерархичности, или иерархической упорядоченности, была в числе первых закономерностей теории систем, которые выделил и исследовал Л. фон Берталанфи.

Он, в частности, показал связь иерархической упорядоченности мира с явлениями дифференциации и негэнтропийными тенденциями, т.е. с закономерностями самоорганизации, развития открытых систем.



Эквифинальность характеризует как бы предельные возможности системы.

Л. фон Берталанфи, предложивший этот термин, определил эквифинальность как «способность в отличие от состояния равновесия в закрытых системах, полностью детерминированных начальными условиями достигать не зависящего от времени состояния, которое не зависит от ее начальных условий и определяется исключительно параметрами системы».



Историчность. Любая система не может быть неизменной, она не только возникает, функционирует, развивается, но и погибает, и каждый легко может привести примеры становления, расцвета, упадка (старения) и даже смерти (гибели) биологических и социальных систем. Все же для конкретных случаев развития организационных систем и сложных технических комплексов трудно определить периоды их расцвета и старения.

Самоорганизация. В числе основных особенностей самоорганизующихся систем с активными элементами были названы способность противостоять энтропийным тенденциям, способность адаптироваться к изменяющимся условиям, преобразуя при необходимости свою структуру и т.п.



1.4. Классификация систем

Классификация систем в системном анализе может вестись по различным классификационным признакам:

по виду отображаемого объекта: технические, биологические, социальные и т. п.;

по характеру поведения: детерминированные, стохастические, игровые;

по типу взаимодействию со средой: и закрытые;

по сложности структуры и поведения: открытые : простые и сложные;

по виду научного направления, используемого для их моделирования: математические, физические, химические и др.;


по степени организованности: хорошо организованные, плохо организованные и самоорганизующиеся.

Детерминированной называется система, состояние которой в будущем однозначно определяется ее состоянием в настоящий момент времени и законами, описывающими переходы элементов и системы из одних состояний в другие. Составные части в детерминированной системе взаимодействуют точно известным образом.

Вероятностные или *стохастические* системы это системы, поведение которых описывается законами теории вероятностей. Для вероятностной системы знание текущего состояния и особенностей взаимной связи элементов недостаточно для предсказания будущего поведения системы со всей определенностью. Для такой системы имеется ряд направлений возможных переходов из одних состояний в другие, т. е. имеется группа сценариев преобразования состояний системы, и каждому сценарию поставлена в соответствие своя вероятность. Примером стохастической системы может служить мастерская по ремонту электронной и радиотехники.

Открытые системы обладают особенностью обмениваться с внешней средой массой, энергией, информацией. *Замкнутые* (или *закрытые*) системы изолированы от внешней среды. Предполагается, что разница между открытыми и замкнутыми системами определяется с точностью до принятой чувствительности модели.

По степени сложности системы подразделяются на простые, сложные и очень сложные. *Простые* системы характеризуются небольшим количеством возможных состояний, их поведение легко описывается в рамках той или иной математической модели.




Сложные системы отличаются разнообразием внутренних связей, но допускают их описание. Причем набор методов, привлекаемых для описания сложных систем, как правило, многообразен, т. е. для построения математической модели сложной системы применяются различные подходы и разные разделы математики.

Очень сложные системы характеризуются большой разветвленностью связей и своеобразностью отношений между элементами. Многообразие связей и отношений таково, что нет возможности все их выявить и проанализировать.

Под *хорошо организованной* системой понимается система, у которой определены все элементы, их взаимосвязь, правила объединения в более крупные компоненты, связи между всеми компонентами и целями системы, ради достижения которых создается или функционирует система.

При этом подразумевается, что все элементы системы с их взаимосвязями между собой, а также с целями системы можно отобразить в виде аналитических зависимостей.


При формулировании задачи принятия решения для хорошо организованной системы проблемная ситуация описывается в виде математического выражения, критерия →



эффективности, критерия функционирования системы, который может быть представлен сложным уравнением, системой уравнений, сложными математическими моделями, включающими в себя и уравнения, и неравенства, и т. п.


Важно, что решение задачи при представлении ее в виде хорошо организованной системы осуществляется аналитическими методами с использованием моделей формализованного представления системы.

Примером хорошо организованной системы может служить сложное электронное устройство. Описание его работы производят с помощью системы уравнений, учитывающих условия функционирования, в том числе наличие шумов, нестабильность электропитания и т.д.



Самоорганизующиеся системы – это системы, обладающие свойством адаптации к изменению условий внешней среды, способные изменять структуру при взаимодействии системы со средой, сохраняя при этом свойства целостности, системы, способные формировать возможные варианты поведения и выбирать из них наилучшие.

Эти особенности обусловлены наличием в структуре системы активных элементов, которые, с одной стороны, обеспечивают возможность адаптации, приспособления системы к новым условиям существования, с другой стороны, вносят элемент неопределенности в поведение системы, чем затрудняют проведение анализа системы, построение ее модели, формальное ее описание и, в конечном счете, затрудняют управление такими системами.




1.5. Задачи системного анализа

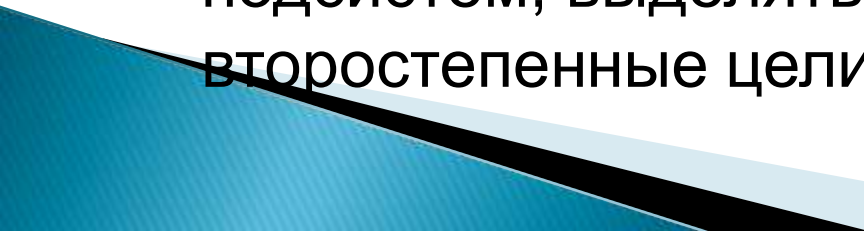
1) Задача *исследования системы взаимодействий анализируемых объектов с окружающей средой*. Решение данной задачи предполагает

- ❑ проведение границы между исследуемой системой и окружающей средой, предопределяющей предельную глубину влияния рассматриваемых взаимодействий, которыми ограничивается рассмотрение;
- ❑ определение реальных ресурсов такого взаимодействия;
- ❑ рассмотрение взаимодействий исследуемой системы с системой более высокого уровня.

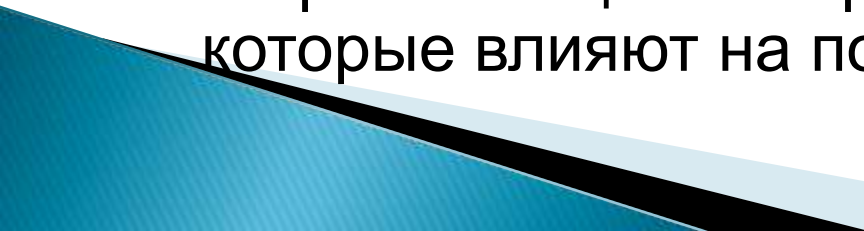
2) Задачи следующего типа связаны с *конструированием альтернатив этого взаимодействия*, альтернатив развития системы во времени и в пространстве. Важное направление развития методов системного анализа связано с попытками создания новых возможностей конструирования оригинальных альтернатив решения, неожиданных стратегий, непривычных представлений и скрытых структур.


Другими словами речь здесь идет о разработке методов и средств усиления индуктивных возможностей человеческого мышления в отличие от его дедуктивных возможностей, на усиление которых, по сути дела, направлена разработка формальных логических средств.



- 3) Задачи третьего типа заключаются в *конструировании множества имитационных моделей*, описывающих влияние того или иного воздействия на поведение объекта исследования
- 4) Задачи четвертого типа связаны с *конструированием моделей принятия решений*. Всякое системное исследование связано с исследованием различных альтернатив развития системы. Задача системных аналитиков выбрать и обосновать наилучшую альтернативу развития. На этапе выработки и принятия решений необходимо учитывать взаимодействие системы с ее подсистемами, сочетать цели системы с целями подсистем, выделять глобальные и второстепенные цели.
- 

Исследования в 4-й области включают:


- ❑ построение теории оценки эффективности принятых решений или сформированных планов и программ;
 - ❑ решение проблемы многокритериальности в оценках альтернатив решения или планирования
 - ❑ исследования проблемы неопределенности, особенно связанной не с факторами статистического характера, а с неопределенностью экспертных суждений и преднамеренно создаваемой неопределенностью, связанной с упрощением представлений о поведении системы;
 - ❑ разработка проблемы агрегирования индивидуальных предпочтений на решениях, затрагивающих интересы нескольких сторон, которые влияют на поведение системы;
- 

- ❑ изучение специфических особенностей социально-экономических критериев эффективности;
 - ❑ создание методов проверки логической согласованности целевых структур и планов и установления необходимого баланса между предопределенностью программы действий и её подготовленностью к перестройке при поступлении новой информации как о внешних событиях, так и изменении представлений о выполнении этой программы.
- 

В системном анализе имеется большая группа задач, в которых требуется спрогнозировать процессы развития системы и принять решение, в результате которого система в будущем должна попасть в некоторое оптимальное состояние.

Прогнозом называется научно обоснованное суждение об ожидаемых состояниях системы, объекта или явления окружающей действительности.

Прогнозирование – это разработка прогнозов, состоящая в организации и проведении специальных исследований перспектив развития исследуемых объектов, систем или явлений. Научное прогнозирование чаще всего применяется в социально-экономических и научно-технических областях человеческой деятельности.




Процесс прогнозирования базируется на изучении объективных тенденций развития объекта исследования. Разработка общей проблемы предсказания должна основываться на изучении реальных закономерностей развития объекта исследования. Содержание и степень достоверности прогноза определяются информацией о поведении объекта исследования, накопленной до того времени, на который составляется прогноз, закономерностями, выявленными при функционировании объекта исследования, а также опытом, знаниями и научной интуицией специалистов, занимающихся данным видом деятельности.

Важную роль в процедурах прогнозирования приобретает анализ – он должен определить возможные траектории развития системы, приводящие к заданному конечному состоянию.

Планирование есть процесс принятия управленческих решений на сравнительно длительные сроки. Принятие планового решения отделено от его реализации достаточно продолжительным периодом.

Прогнозирование и планирование являются двумя фазами общего процесса управления в хозяйственной деятельности.



1.6. Методология системного анализа

Любая научная, исследовательская и практическая деятельность проводится на базе методов, методик и методологий.

Метод — это прием или способ действия.

Методика — это совокупность методов, приемов проведения какой-либо работы.

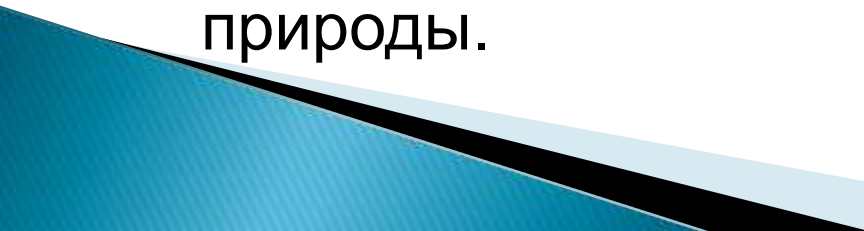
Методология — это совокупность методов, правила распределения и назначения методов, а также шаги работы и их последовательность.

Имеются свои методы, методики и методологии и у системного анализа. Однако, в отличие от классических наук, системный анализ находится в стадии развития и еще не имеет устоявшегося, общепризнанного «инструментария».

Сегодня широко используются такие понятия как «системный анализ», «системный подход», «теория систем», «принцип системности» и др. При этом их не всегда различают и часто применяют как синонимы.


Наиболее общим понятием, которое обозначает все возможные проявления систем, является «*системность*». Системность заключается в трех аспектах: системная теория, системный подход и системный метод.

Системная теория (теория систем) реализует объясняющую и систематизирующую функции: дает строгое научное знание о мире систем; объясняет происхождение, устройство, функционирование и развитие систем различной природы.



Системный подход – это методология научного познания и практической деятельности, а также объяснительный принцип, в основе которых лежит рассмотрение объекта как системы.

Системный подход заключается в отказе от односторонне аналитических, линейно-причинных методов исследования. Основной акцент при его применении делается на анализе целостных свойств объекта, выявлении его различных связей и структуры, особенностей функционирования и развития. Системный подход представляется достаточно универсальным подходом при анализе, исследовании, проектировании и управлении любых сложных технических, экономических, социальных, экологических, политических, биологических и других систем.




Назначение системного подхода заключается в том, что он направляет человека на системное видение действительности. Он заставляет рассматривать мир с системных позиций, точнее — с позиций его системного устройства. Таким образом, системный подход, будучи принципом познания, выполняет ориентационную и мировоззренческую функции, обеспечивая не только видение мира, но и ориентацию в нем.

Системный метод реализует познавательную и методологическую функции. Он выступает как некоторая интегральная совокупность относительно простых методов и приемов познания, а также преобразования действительности.


Центральное место в системных исследованиях занимают два противоположных подхода: *анализ* и *синтез*.

Анализ предусматривает процесс разделения целого на части. Он весьма полезен в том случае, если требуется выяснить, из каких частей (элементов, подсистем) состоит система. Посредством анализа достигается полное изучение доступных свойств системы и установление закономерностей работы системы.

Задача синтеза – построение целого из частей. Синтез применяется для оптимизации системы. Посредством синтеза достигается улучшение существующих свойств системы или внедрение новых.



В исследовании любой проблемы можно указать несколько главных этапов:

- ❑ постановка цели исследования;
 - ❑ выделение проблемы (выделение системы): выделить главное, существенное, отбросив малозначимое, несущественное;
 - ❑ описание: выразить на едином языке (уровне формализации) разнородные по своей природе явления и факторы;
 - ❑ установление критериев: определить, что значит «хорошо» и «плохо» для оценивания полученной информации и сравнения альтернатив;
 - ❑ идеализация (концептуальное моделирование): ввести рациональную идеализацию проблемы, упростить ее до допустимого предела;
 - ❑ декомпозиция (анализ): разделить целое на части, не теряя свойств целого;
 - ❑ композиция (синтез): объединить части в целое, не теряя свойств частей;
 - ❑ решение: найти решение проблемы.
- 


В отличие от традиционного подхода, при котором проблема решается в строгой последовательности вышеприведенных этапов (или в другом порядке), системный подход состоит в многосвязности процесса решения: этапы рассматриваются совместно, во взаимосвязи и диалектическом единстве. При этом возможен переход к любому этапу, в том числе и возврат к постановке цели исследования.

Главным признаком системного подхода является наличие доминирующей роли сложного, а не простого, целого, а не составляющих элементов. Если при традиционном подходе к исследованию мысль движется от простого к сложному, от частей — к целому, от элементов — к системе, то в системном подходе, наоборот, мысль движется от сложного к простому, от целого к составным частям, от системы к элементам. При этом эффективность системного подхода тем выше, чем к более сложной системе он применяется.


1.7. Методики системного анализа

Имеющиеся методики системного анализа еще не получили достаточно убедительной классификации, которая была бы принята единогласно всеми специалистами.

В качестве простейшего варианта методики системного анализа можно рассматривать такую последовательность:

- 1) постановка задачи;
 - 2) структуризация системы;
 - 3) построение модели;
 - 4) исследование модели.
- 

Этапы методик системного анализа по Ю.И. Черняку:

1. Анализ проблемы.
 2. Определение системы.
 3. Анализ структуры системы.
 4. Формирование общей цели и критерия.
 5. Декомпозиция цели и выявление потребности в ресурсах и процессах.
 6. Выявление ресурсов и процессов – композиция целей.
 7. Прогноз и анализ будущих условий.
 8. Оценка целей и средств.
 9. Отбор вариантов.
 10. Диагноз существующей системы.
 11. Построение комплексной программы развития.
 12. Проектирование организации для достижения целей.
- 

Из анализа и сопоставления этих методик видно, что в них в той или иной форме представлены такие этапы:

- ❑ *выявление проблем и постановки целей;*
- ❑ *разработка вариантов и модели принятия решения;*
- ❑ *оценка альтернатив и поиска решения;*
- ❑ *реализация решения.*

Кроме того, в некоторых методиках имеются этапы оценки эффективности решений. В наиболее полной методике Ю.И. Черняка особо предусмотрен этап проектирования организации для достижения цели.

При системном анализе любого технического объекта, в частности *автоматической системы*, с применением системного подхода можно выделить следующую последовательность процедур:

- ❑ *сбор данных о системе*: выделение объекта исследования из общей массы явлений, объектов. Определение контура системы, связей системы с окружающей средой, основных ограничений и условий существования;
- ❑ *функциональный и структурный анализ системы*: определение назначения и функции системы, её структуры основных подсистем, элементов и связей между ними), механизмов управления и функционирования;
- ❑ *построение модели системы*: построение модели функционирования системы любыми доступными математическими и эвристическими методами, с учетом всех существенных факторов, значимость которых определяется по их влиянию на определяющие критерии цели;

- *проверка адекватности модели системы:* использование эмпирических данных о системе и сравнение их с результатами моделирования;
- *определение целей анализа:* формулирование конечных желаемых результатов исследования;
- *формирование критериев:* выбор признаков, характеризующих систему, как способов сравнения альтернатив;
- *генерирование альтернатив:* выработка альтернативных вариантов структур или элементов для достижения заданной цели;
- *оптимизация модели функционирования системы:* проведение синтеза и оптимизации параметров системы для выбранных альтернатив;
- *принятие решений:* сужение множества альтернатив до минимально возможного подмножества (желательно одной), путём их сравнения и выбора наиболее предпочтительных;
- *внедрение результатов системного анализа:* проектирование оптимальных структур, элементов и функциональных действий системы.
- Контроль над работой системы, определение её надежности работоспособности.