

# 1. Лекция: История, предмет, цели системного анализа

Рассматриваются история развития и предмет системного анализа, системные ресурсы общества, предметная область системного анализа, системные процедуры и методы, системное мышление.

Цель лекции: введение в краткую историю, предмет и значение системного анализа как методологии, научной области, технологической дисциплины и принципа мышления.

Можно говорить о наступлении этапа научного, системно-междисциплинарного подхода к проблемам науки, образования, техники и технологии, этапа, концентрирующего внимание не только на вещественно-энергетических, но и на системно-междисциплинарных аспектах, построении и исследовании системно-информационной картины мира, о наступлении этапа системных парадигм.

*Системный анализ*, чьи основы являются достаточно древними, - все же сравнительно молодая наука (сравнима по возрасту, например, с кибернетикой). Хотя она и активно развивается, ее определяющие понятия и термины недостаточно формализованы (если это вообще возможно осуществить). *Системный анализ* применяется в любой предметной области, включая в себя как частные, так и общие методы и процедуры исследования.

Эта наука, как и любая другая, ставит своей целью исследование новых связей и отношений объектов и явлений. Но, тем не менее, основной проблемой нашей науки является исследование связей и отношений таким образом, чтобы изучаемые объекты стали бы более управляемыми, изучаемыми, а "вскрытый" в результате исследования механизм взаимодействия этих объектов - более применимым к другим объектам и явлениям. Задачи и принципы системного подхода не зависят от природы объектов и явлений.

При изложении основ анализа, синтеза и моделирования систем возможны два основных подхода: формальный и понятийно-содержательный. Формальный подход использует формальный математический аппарат различного уровня строгости и общности (от простых соотношений до операторов, функторов, категорий, алгебр). Понятийно-содержательный подход - концентрируется на основных понятиях, идеях, подходе, концепциях, возможностях, на основных методологических принципах, использует "полуформальное" введение в суть рассматриваемых идей и понятий. Многие идеи и принципы *системного анализа*, хотя и более точны, строги на формальном языке изложения, тем не менее, сохраняют свою силу, актуальность, возможность эффективного использования и на содержательном языке. Необходимо отметить, что часто один удачный понятный пример имеет большее значение для понимания этих принципов, чем строгие

математические определения. Кроме того, фактор неопределенности в *системном анализе* ограничивает применимость строгих математических формулировок и выводов. Мы ниже будем придерживаться, в основном, содержательно-понятийного подхода, применяя там, где это будет признано необходимым, формальные определения и положения, хотя отчетливо осознаем, что для изложения основ науки, претендующей на роль методологической, необходима высокая степень формализации, вплоть до создания аксиом. Таким подходом мы хотим расширить и круг читателей, которым будет доступен и полезен этот курс лекций. Несмотря на содержательные формулировки и алгоритмические процедуры некоторых приводимых основных положений и фактов, они имеют в основе достаточно формальный фундамент.

Слово "система" (организм, строй, союз, целое, составленное из частей) возникло в Древней Греции около 2000 лет назад. Древние ученые (Аристотель, Демокрит, Платон и другие) рассматривали сложные тела, процессы и мифы мироздания как составленные из различных систем (например, атомов, метафор). Развитие астрономии (Коперник, Галилей, Ньютон и другие) позволило перейти к гелиоцентрической системе мира, к категориям типа "вещь и свойства", "целое и часть", "субстанция и атрибуты", "сходство и различие" и др. Далее развитие *системного анализа* происходит под влиянием различных философских воззрений, теорий о структуре познания и возможности предсказания (Бэкон, Гегель, Ламберт, Кант, Фихте и другие). В результате такого развития *системный анализ* выходит на позиции методологической науки. Естествоиспытатели XIX-XX вв. (Богданов, Бергаланфи, Винер, Эшби, Цвикки и другие) не только актуализировали роль модельного мышления и моделей в естествознании, но и сформировали основные системообразующие принципы, принципы системности научного знания, "соединили" теорию открытых систем, философские принципы и достижения естествознания. Современное развитие теория систем, *системный анализ* получили под влиянием достижений как классических областей науки (математика, физика, химия, биология, история и др.), так и неклассических областей (*синергетика, информатика, когнитология, теории нелинейной динамики и динамического хаоса, катастроф, нейроматематика, нейроинформатика* и др.). Необходимо особо подчеркнуть влияние техники (с древнейших времен) и технологии (современности) на развитие *системного анализа*, в частности, на ее прикладную ветвь - системотехнику, на методологию проектирования сложных технических систем. Это влияние - взаимное: развитие техники и технологии обогащает *системный анализ* новыми методами, моделями, средами.

Эпоха зарождения основ *системного анализа* была характерна рассмотрением чаще всего систем физического или философского (гносеологического) происхождения. При этом

постулат (Аристотеля): "Важность целого превышает важности его составляющих" сменился позже на новый постулат (Галилея): "Целое объясняется свойствами его составляющих".

Наибольший вклад в зарождение и развитие *системного анализа, системного мышления* внесли такие ученые, как Р. Декарт, Ф. Бэкон, И. Кант, И. Ньютон, Ф. Энгельс, А.И. Берг, А.А. Богданов, Н. Винер, Л. Берталанфи, Ч. Дарвин, И. Пригожин, Э. Эшби, А.А. Ляпунов, Н.Н. Моисеев и другие. Идеи *системного анализа* развивали также А. Аверьянов, Р. Акофф, В. Афанасьев, Р. Абдеев, И. Блауберг, Н. Белов, Л. Бриллюэн, Н. Бусленко, В. Волкова, Д. Гвишиани, В. Геодакян, К. Гэйн, Дж. ван Гиг, А. Денисов, Е. Дубровский, В. Завадский, Ю. Климонтович, Д. Колесников, Э. Квейд, В. Кузьмин, О. Ланге, Е. Луценко, В. Лекторский, В. Лефевр, Ю. Либих, А. Малиновский, М. Месарович, В. Могилевский, К. Негойце, Н. Овчинников, С. Оптнер, Дж. Патерсон, Ф. Перегудов, Д. Поспелов, А. Рапопорт, Л. Растринг, С. Родин, Л. Розенблют, В. Садовский, В. Сегал, В. Симанков, Б. Советов, В. Солодовников, Ф. Тарасенко, К. Тимирязев, А. Уемов, Ю. Черняк, Г. Хакен, Дж. Холдейн, Г. Шустер, А. Шилейко, Г. Щедровицкий, Э. Юдин, С. Яковлев, С. Янг и многие другие.

**Предметная область** - раздел науки, изучающий предметные аспекты системных процессов и системные аспекты предметных процессов и явлений. Это определение можно считать системным определением *предметной области*.

**Системный анализ** - совокупность понятий, методов, процедур и технологий для изучения, описания, реализации явлений и процессов различной природы и характера, междисциплинарных проблем; это совокупность общих законов, методов, приемов исследования таких систем.

*Системный анализ* - методология исследования сложных, часто не вполне определенных проблем теории и практики.

Строго говоря, различают три ветви науки, изучающей системы:

1. системологию (теорию систем) которая изучает теоретические аспекты и использует теоретические методы (теория информации, теория вероятностей, теория игр и др.);
2. системный анализ (методологию, теорию и практику исследования систем), который исследует методологические, а часто и практические аспекты и использует практические методы (математическая статистика, исследование операций, программирование и др.);
3. системотехнику, системотехнологию (практику и технологию проектирования и исследования систем).

За термин *системотехнологика* ответственность несет автор. Такое деление достаточно условно.

Общим у всех этих ветвей является системный подход, системный принцип исследования - рассмотрение изучаемой совокупности не как простой суммы составляющих (линейно взаимодействующих объектов), а как совокупности нелинейных и многоуровневых взаимодействующих объектов.

Любую *предметную область* также можно определить как системную.

Пример. **Информатика** - наука, изучающая информационно-логические и алгоритмические аспекты системных процессов, системные аспекты информационных процессов. Это определение можно считать системным определением *информатики*.

*Системный анализ* тесно связан с *синергетикой*. **Синергетика** - междисциплинарная наука, исследующая общие идеи, методы и закономерности *организации* (изменения структуры, ее пространственно-временного усложнения) различных объектов и процессов, инварианты (неизменные сущности) этих процессов. "Синергический" в переводе означает "совместный, согласованно действующий". Это теория возникновения новых качественных свойств, структур на макроскопическом уровне.

*Системный анализ* тесно связан и с философией. Философия дает общие методы содержательного анализа, а *системный анализ* - общие методы формального, межпредметного анализа *предметных областей*, выявления и описания, изучения их системных инвариантов. Можно дать и философское определение системного анализа: *системный анализ* - это прикладная диалектика.

*Системный анализ* предоставляет к использованию в различных науках, системах следующие системные методы и процедуры:

1. абстрагирование и конкретизация;
2. анализ и синтез, индукция и дедукция;
3. формализация и конкретизация;
4. композиция и декомпозиция;
5. линеаризация и выделение нелинейных составляющих;
6. структурирование и реструктурирование;
7. макетирование;
8. реинжиниринг;
9. алгоритмизация;
10. моделирование и эксперимент;
11. программное управление и регулирование;
12. распознавание и идентификация;
13. кластеризация и классификация;
14. экспертное оценивание и тестирование;
15. верификация

## 16. и другие методы и процедуры.

Имеются следующие основные типы ресурсов в природе и в обществе.

1. Вещество - наиболее хорошо изученный ресурс, который в основном представлен таблицей Д.И. Менделеева достаточно полно и пополняется не так часто. Вещество выступает как отражение постоянства материи в природе, как мера однородности материи.
2. Энергия - не полностью изученный тип ресурсов, например, мы не владем управляемой термоядерной реакцией. Энергия выступает как отражение изменчивости материи, переходов из одного вида в другой, как мера необратимости материи.
3. Информация - мало изученный тип ресурсов. Информация выступает как отражение порядка, структурированности материи, как мера порядка, самоорганизации материи (и социума). Сейчас этим понятием мы обозначаем некоторые сообщения; ниже этому понятию мы посвятим более детальное обсуждение.
4. Человек - выступает как носитель интеллекта высшего уровня и является в экономическом, социальном, гуманитарном смысле важнейшим и уникальным ресурсом общества, рассматривается как мера разума, интеллекта и целенаправленного действия, мера социального начала, высшей формы отражения материи (сознания).
5. Организация (или организованность) выступает как форма ресурсов в социуме, группе, которая определяет его структуру, включая институты человеческого общества, его надстройки, применяется как мера упорядоченности ресурсов. Организация системы связана с наличием некоторых причинно-следственных связей в этой системе. Организация системы может иметь различные формы, например, биологическую, информационную, экологическую, экономическую, социальную, временную, пространственную, и она определяется причинно-следственными связями в материи и социуме.
6. Пространство - мера протяженности материи (события), распределения ее (его) в окружающей среде.
7. Время - мера обратимости (необратимости) материи, событий. Время неразрывно связано с изменениями действительности.

Можно говорить о различных полях, в которые "помещен" человек, - материальном, энергетическом, информационном, социальном, об их пространственных, ресурсных (материя, энергия, информация) и временных характеристиках.

Пример. Рассмотрим простую задачу - пойти утром на занятия в вуз. Эта часто решаемая студентом задача имеет все аспекты:

1. материальный, физический аспект - студенту необходимо переместить некоторую массу, например, учебников и тетрадей на нужное расстояние;
2. энергетический аспект - студенту необходимо иметь и затратить конкретное количество энергии на перемещение;
3. информационный аспект - необходима информация о маршруте движения и месторасположении вуза и ее нужно обрабатывать по пути своего движения;
4. человеческий аспект - перемещение, в частности, передвижение на автобусе невозможно без человека, например, без водителя автобуса;
5. организационный аспект - необходимы подходящие транспортные сети и маршруты, остановки и т.д.;
6. пространственный аспект - перемещение на определенное расстояние;
7. временной аспект - на данное перемещение будет затрачено время (за которое произойдут соответствующие необратимые изменения в среде, в отношениях, в связях).

Все типы ресурсов тесно связаны и сплетены. Более того, они невозможны друг без друга, актуализация одного из них ведет к актуализации другого.

Пример. При сжигании дров в печке выделяется тепловая *энергия*, тепловая *энергия* используется для приготовления пищи, пища используется для получения биологической *энергии* организма, биологическая *энергия* используется для получения *информации* (например, решения некоторой задачи), перемещения во *времени* и в *пространстве*. *Человек* и во *время* сна расходует свою биологическую энергию на поддержание информационных процессов в организме; более того, сон - продукт таких процессов.

Социальная *организация* и активность людей совершенствует информационные ресурсы, процессы в обществе, последние, в свою очередь, совершенствуют производственные отношения.

Если классическое естествознание объясняет мир исходя из движения, взаимопревращений *вещества* и *энергии*, то сейчас реальный мир, объективная реальность могут быть объяснены лишь с учетом сопутствующих системных, и особенно системно-информационных и синергетических процессов.

Особый тип мышления - *системный*, присущий аналитику, который хочет не только понять суть процесса, явления, но и управлять им. Иногда его отождествляют с аналитическим мышлением, но это отождествление не полное. Аналитическим может быть склад ума, а системный подход есть методология, основанная на теории систем.

**Предметное** (предметно-ориентированное) **мышление** - это метод (принцип), с помощью которого можно целенаправленно (как правило, с целью изучения) выявить и актуализировать, познать причинно-следственные связи и закономерности в ряду частных и общих событий и явлений. Часто это методика и технология исследования систем.

**Системное** (системно-ориентированное) **мышление** - это метод (принцип), с помощью которого можно целенаправленно (как правило, с целью управления) выявить и актуализировать, познать причинно-следственные связи и закономерности в ряду общих и всеобщих событий и явлений. Часто это методология исследования систем.

При *системном мышлении* совокупность событий, явлений (которые могут состоять из различных составляющих элементов) актуализируется, исследуется как целое, как одно организованное по общим правилам событие, явление, поведение которого можно предсказать, прогнозировать (как правило) без выяснения не только поведения составляющих элементов, но и качества и количества их самих. Пока не будет понятно, как функционирует или развивается система как целое, никакие знания о ее частях не дадут полной картины этого развития.

Пример. В соответствии с принципом *системного мышления* общество состоит из людей (и, разумеется, из общественных институтов). Каждый *человек* - также система (физиологическая, например). У *человека*, в свою очередь, существуют присущие ему как организму системы, например, система кровообращения. Когда люди взаимодействуют с другими людьми, образуются новые системы - семья, этнос и др. Это взаимодействие может происходить на уровне общественных институтов, отдельных людей (например, социальные взаимодействия) и даже отдельных систем кровообращения (например, при прямом переливании крови).

В соответствии с принципом системного подхода, каждая система влияет на другую систему. Весь окружающий мир - взаимодействующие системы. Цель *системного анализа* - выяснить эти взаимодействия, их потенциал и "направить их на службу *человека*".

**Предметный аналитик** (предметно-ориентированный или просто аналитик) - *человек*, профессионал, изучающий, описывающий некоторую *предметную область*, проблему в соответствии с принципами и методами, технологиями этой области. Это не означает "узкое" рассмотрение этой проблемы, хотя подобное часто встречается.

**Системный** (системно-ориентированный) **аналитик** - *человек*, профессионал высокого уровня (эксперт), изучающий, описывающий системы в соответствии с принципами системного подхода, анализа, т.е. изучающий проблему комплексно. Ему присущ особый склад ума, базирующийся на мультимедийных, достаточно большом кругозоре и опыте, высоком уровне интуиции предвидения, умении принимать целесообразные ресурсообеспеченные решения. Его основная задача - помочь *предметному*

*аналитику* принять правильное (сообразующееся с другими системами, не "ухудшающее" их) решение при решении предметных проблем, выявление и изучение критериев эффективности их решения.

Необходимые атрибуты *системного анализа* как научного знания:

1. наличие предметной сферы - системы и системные процедуры;
2. выявление, систематизация, описание общих свойств и атрибутов систем;
3. выявление и описание закономерностей и инвариантов в этих системах;
4. актуализация закономерностей для изучения систем, их поведения и связей с окружающей средой;
5. накопление, хранение, актуализация знаний о системах (коммуникативная функция).

*Системный анализ* базируется на ряде общих принципов, среди которых:

1. принцип дедуктивной последовательности - последовательного рассмотрения системы по этапам: от окружения и связей с целым до связей частей целого (см. этапы системного анализа подробнее ниже);
2. принцип интегрированного рассмотрения - каждая система должна быть неразъемна как целое даже при рассмотрении лишь отдельных подсистем системы;
3. принцип согласования ресурсов и целей рассмотрения, актуализации системы;
4. принцип бесконфликтности - отсутствия конфликтов между частями целого, приводящих к конфликту целей целого и части.

Системно в мире все: практика и практические действия, знание и процесс познания, окружающая среда и связи с ней (в ней). *Системный анализ* как методология научного познания структурирует все это, позволяя исследовать и выявлять инварианты (особенно скрытые) объектов, явлений и процессов различной природы, рассматривая их общее и различное, сложное и простое, целое и части.

Любая человеческая интеллектуальная деятельность обязана быть по своей сути системной деятельностью, предусматривающей использование совокупности взаимосвязанных системных процедур на пути от постановки задачи, целей, планирования ресурсов к нахождению и использованию решений.

Пример. Любое экономическое решение должно базироваться на фундаментальных принципах *системного анализа*, экономики, *информатики*, управления и учитывать поведение *человека* в социально-экономической среде, т.е. должно базироваться на рациональных, социально и экономически обоснованных нормах поведения в этой среде.

Неиспользование *системного анализа* не позволяет знаниям (закладываемым традиционным образованием) превращаться в умения и навыки их применения, в навыки



ведения системной деятельности (построения и реализации целенаправленных, структурированных, обеспеченных ресурсами конструктивных процедур решения проблем). Системно мыслящий и действующий *человек*, как правило, прогнозирует и считается с результатами своей деятельности, соизмеряет свои желания (цели) и свои возможности (ресурсы) учитывает интересы окружающей среды, развивает интеллект, вырабатывает верное мировоззрение и правильное поведение в человеческих коллективах.

Окружающий нас мир бесконечен в *пространстве* и во *времени*; *человек* существует конечное *время*, располагая при реализации цели конечными ресурсами (материальными, энергетическими, информационными, людскими, организационными, пространственными и временными).

Противоречия между неограниченностью желания *человека* познать мир и ограниченной (ресурсами, неопределенностью) возможностью сделать это, между бесконечностью природы и конечностью ресурсов человечества, имеют много важных последствий, в том числе - и для самого процесса познания *человеком* окружающего мира. Одна из таких особенностей познания, которая позволяет постепенно, поэтапно разрешать эти противоречия: использование аналитического и синтетического образа мышления, т.е. разделения целого на части и представления сложного в виде совокупности более простых компонент, и наоборот, соединения простых и построения, таким образом, сложного. Это также относится и к индивидуальному мышлению, и к общественному сознанию, и ко всему знанию людей, и к самому процессу познания.

Пример. Аналитичность человеческого знания проявляется и в существовании различных наук, и в дифференциации наук, и в более глубоком изучении все более узких вопросов, каждый из которых сам по себе и интересен, и важен, и необходим. Вместе с тем, столь же необходим и обратный процесс синтеза знаний. Так возникают "пограничные" науки - бионика, биохимия, *синергетика* и другие. Однако это лишь одна из форм синтеза. Другая, более высокая форма синтетических знаний реализуется в науках о самых общих свойствах природы. Философия выявляет и описывает общие свойства всех форм материи; математика изучает некоторые, но также всеобщие отношения. К числу синтетических наук относятся *системный анализ*, *информатика*, кибернетика и др., соединяющие формальные, технические, гуманитарные и прочие знания.

Итак, расчлененность мышления на анализ, синтез и взаимосвязь этих частей является очевидным признаком системности познания.

Процесс познания структурирует системы, окружающий нас мир. Все, что не познано в данный момент *времени*, образует "хаос в системе", который, будучи необъясним в рамках рассматриваемой теории, заставляет искать новые структуры, новую *информацию*,

новые формы представления и описания знаний, приводит к появлению новых ветвей знания; этот хаос также дает стимул и для развития умений и навыков исследователя.

Системный подход к исследованию проблем, *системный анализ* - следствие научно-технической революции, а также необходимости решения ее проблем с помощью одинаковых подходов, методов, технологий. Такие проблемы возникают и в экономике, и в *информатике*, и в биологии, и в политике и т.д.

### **Вопросы для самоконтроля**

Каковы основные системные ресурсы общества? Что характеризует каждый тип ресурсов по отношению к материи?

Что такое системный анализ? Что входит в предметную область системного анализа?

Каковы основные системные методы и процедуры?

### **Задачи и упражнения**

1. Написать эссе на тему: "История системного анализа".
2. Написать эссе на тему: "Личность, внесшая большой вклад в развитие системного анализа".
3. Рассмотрим систему действительных чисел, каждое из которых представляет собой очередное (до следующей цифры после запятой) приближение числа "пи": 3; 3,1; 3,14; : . Укажите материальный, энергетический, информационный, человеческий, организационный, пространственный и временной аспекты рассмотрения этой системы. Укажите противоречия между познанием этой системы и ее ресурсами.

### **Темы для научных исследований и рефератов**

1. Системный анализ - как методологическая дисциплина.
2. Системология - как теоретическая дисциплина, теория систем.
3. Системотехника и системотехнологика - как прикладные дисциплины.