

	Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева	Учебно-методический комплекс дисциплины	Издание: шестое
---	--	---	-----------------

## Лекция № 5

### Тема. Системный анализ в научных исследованиях

1. Этимология «системного анализа»
2. Принципы и специфика СА.
3. Задачи СА.
4. Принятие решений с позиций СА.

1. Этимология «системного анализа», актуальность и его место в научных исследованиях. Впервые как средство исследования сложных проблем системный анализ (СА) был разработан в США в 1948 году для оптимизации задач военного управления. Так как тематика исследований различных систем постоянно расширялась, то уже в 50-х годах СА был применен при исследовании хозяйственных проблем целого ряда американских городов, а с середины 60-х — и в федеральных ведомствах США: в деловой, социальной, промышленной и других сферах. В дальнейшем СА активно начали использовать и в других странах мира: Англии, Италии, СССР, Франции, Японии и других.

В области СА основополагающие исследования выполнены ведущими зарубежными учеными: Акоф Р., Амара Р., Л. фон Берталанфи, Герц Д., Квейд Э., Медоуз Д., Месарович М.Д., Чен К., Хич Ч.Д. и другие. Значительный вклад в развитие общей теории сложных систем, проблем системного подхода, СА и практики его применения внесли ученые советского периода: Аганбегян А.Г., Блауберг И.В., Гвишиани Д.М., Глушков В.М., Голубков Е.П., Дружинин В.В., Емельянов С.В., Канторович Л.В., Ляпунов А.А., Моисеев Н.Н., Поспелов Г.С., Садовский В.Н., Сумароков Л.Н., Уемов А.И., Черняк Ю.И., Шорин Г.В. и многие другие.

Важным этапом в развитии СА было решение ученых, входящих в Римский клуб, об организации в октябре 1972 года Международного института прикладного СА с центром в Австрии (г. Вена). Первоначально в нем участвовали США, Советский Союз, Канада, Япония, ФРГ и ГДР, Польша, Болгария, Франция, Великобритания и Италия. Филиал данного института был открыт и в Москве как Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований (ВНИИСИ) Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике и Академии наук СССР для комплексного исследования научно-технических и социально-экономических проблем, имеющих большое народно-хозяйственное значение и носящих междисциплинарный характер исследований.

Прежде всего, понятию «системный анализ» предшествовало понятие «системный подход», которое получило широкое распространение в мировой и советской научно-технической литературе с 50-х — начале 70-х годов XX века. В этот период системный подход развивался, решая триединую задачу:

- аккумуляции в общенаучных понятиях и концепциях новейших результатов общественных, естественных и технических наук, касающихся системной организованности объектов действительности и способов их познания;
- интеграции принципов и опыта развития философии, прежде всего результатов разработки философского принципа системности и связанных с ним категорий;
- применения разработанного на этой основе концептуального аппарата и средств моделирования для решения актуальных комплексных проблем.

При непосредственном воздействии ученых, занимающихся проблемами общей теории сложных систем, с течением времени постепенно понятие «системный подход» превратилось из универсального конструктивного метода в методологический принцип. Для постижения различных законов и положений, управляющих человеческой

	<p>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева</p>	<p>Учебно-методический комплекс дисциплины</p>	<p>Издание: шестое</p>
---	---	--	------------------------

деятельностью, ими была проделана большая работа по вопросам понимания того как:

- в каждом конкретном случае складывается общий контекст восприятия очередных задач или проблем;
- привести все изначально разрозненные и избыточные сведения о проблемной ситуации в единую интегрированную систему;
- вывести одно представление из другого, относящихся к единой деятельности, согласовать между собой цели их разных уровней.

С развитием науки и техники, усложнением технологических процессов, ростом производства различных видов продукции значительно возросла актуальность решаемых проблем, увеличились затраты на их реализацию, усложнились методы принятия рациональных решений при выборе вариантов отдаления и направлений развития больших технических комплексов и объектов технико-технологических систем. Огромное число факторов конструктивного, технологического и организационно-экономического характера, постоянно оказывают влияние на процессы создания объектов техники, предопределяя необходимость использования специального метода.

На основании вышеописанных процессов и положений возникло понятие «системный анализ» (СА), которое в настоящее время широко используют при принятии решений в прикладных исследованиях и теоретических разработках, в различных областях и отраслях человеческой деятельности: в науке, технике, экономике, юриспруденции, биологии, медицине, истории, политике, военном деле и так далее.

Понятие «системный» применяется потому, что проводимое исследование основывается исходя из категории «система».

Термин «анализ» используется для характеристики процедуры исследования, которая состоит в разделении сложной проблемы на отдельные, более простые подпроблемы, в использовании наиболее подходящих специальных методов для их решения, которые позволяют затем построить, синтезировать общее решение проблемы.

Поэтому СА содержит в себе не только элементы, присущие научным, в частности количественным, методам, но и также интуитивно-эвристического подхода, зависящего от знаний, опыта и искусства исследователя.

Актуальность использования СА в сфере создания и освоения отдельных узлов, устройств и других технических систем обусловлена научно-техническим прогрессом, появлением и внедрением все новых технических решений, конструкционных материалов и прогрессивных технологий. В процессе создания и освоения больших и сложных человеко-машинных систем системный анализ имеет особенно важное значение, так как рассматривает большую систему как интегрированное целое, целью которого является достижение максимальной эффективности ее существования или функционирования при гармоничном сочетании противоречивых целей и составных ее частей в окружающей среде. Все это требует большого внимания к тщательной проработки проектных решений и к анализу предполагаемых затрат на выполнение работ по созданию возможных вариантов, проектируемых устройств и систем, выбору наиболее рациональных, и тем самым способствуя необходимости применения методов и моделей системного анализа.

В этом случае также важным положением является то, что СА формирует у специалистов навыки экономически грамотного подхода к делу, позволяет ему соединить технику и экономику, учитывать соотношение между целями и возможностями, и направлен на получение рационального технико-экономического решения. Главное в СА - как достичь максимальной эффективности при решении не только трудноразрешимой, но и трудной для понимания проблемы, превращая ее в четкую серию задач с альтернативными вариантами решения.

	<p>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева</p>	<p>Учебно-методический комплекс дисциплины</p>	<p>Издание: шестое</p>
---	---	--	------------------------

Если условно принять, что системный подход является методологией решения прямой задачи, то СА - методология познания для решения обратной задачи. То есть, системный анализ есть методология познания частей на основании целого и целостности, в отличие от классического (системный) подхода, ориентированного на познание целого через его составляющие части.

2. Принципы и специфика СА. СА - это междисциплинарная методология исследований при решении задач различного уровня с учетом современных информационных технологий и научно-технических требований, совокупность методологических средств и процедур, используемых для подготовки, обоснования и нахождения рациональных решений по самым разнообразным и сложным проблемам. Все процедуры и методы СА направлены на выдвижение возможных альтернативных вариантов решения задач, выявление масштабов неопределенности по каждому и сопоставление их по тем или иным критериям эффективности, обязательный учет сложности самого исследуемого объекта, его разветвленные и прочные взаимосвязи с окружающей средой и не наблюдаемость целого ряда его свойств.

Основные принципы, присущие только СА и отличающие его от других научных дисциплин заключаются в следующем:

1. Принцип органической целостности субъективного и объективного применительно к задачам системного анализа требует более четкого разграничения объекта и субъекта. Так как СА занимается изучением систем не только как объектов исследования, но и как проблемных ситуаций, он должен учитывать все возможные взаимодействия между объектом и субъектом как элементами системы, причем исследование объекта должно быть подчинено целям этих взаимодействий.

Роль человека и его поведение в процессе взаимодействия с объектом во многом определяет и поведение всей системы в целом. Кроме того, прежде всего, следует учитывать то, что именно человек выступает еще и как конструктор при проведении исследований, внося в них свои знания, интересы, целевые установки, мотивы. Все это увеличивает роль субъективного фактора в научном исследовании субъект - объектного отношения.

2. Принцип динамизма системы является отражением диалектического принципа непрерывности движения и развития во времени. Изменения, происходящие в самой системе с течением времени, присущи: ее состоянию и структуре, отношению субъекта к рассматриваемой системе и его места в ней. Динамический подход к изучению системы устанавливает необходимость рассмотрения ее в непрерывном развитии и движении, а также определяет поиск источников ее развития.

3. Принцип структурности системы заключается в том, что система всегда рассматривается как иерархическая структура со строгим соподчинением элементов, их взаимосвязями между собой и целенаправленным поведением. Иерархическая структура на сегодняшний день представляется наиболее эффективной функциональной имитационной моделью системы и предполагает одновременно представление о системе как об «элементе более крупной системе, определяющей взаимодействие системы с внешней средой, о некоторой целостности и о совокупности своих собственных элементов».

4. Принцип искусственности системы заключается в том, что специфичным для СА является рассмотрение только искусственных систем, сформированных под воздействием исследователя. При этом ученому с его целенаправленной деятельностью отводится ведущая роль в поведении системы.

5. Принцип появления нового качества системы обосновывается тем, что объект исследования системного анализа рассматривается как сложная система, целевое

	<p>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева</p>	<p>Учебно-методический комплекс дисциплины</p>	<p>Издание: шестое</p>
---	---	--	------------------------

взаимодействие элементов которой может обуславливать перекрестные связи между свойствами этих элементов, что в свою очередь рождает «системный эффект, когда совокупность фактов, объединенная в систему, приводит к появлению нового качества, не вытекающего из простого сложения исходных фактов».

б. Принцип единства, формализованного и неформализованного, единства теории и практики, учитывает диалектическую связь между постановкой проблемы и выбором ее методов решения. В процессе выполнения исследований научные методы решения проблемы в зависимости от специфики изучаемого объекта одновременно с использованием методов формализации и внедрением количественных методов решения поставленных задач требуют и правильного выбора предпосылок, обосновывающих применение того или много метода исследования и выявляющих практическую суть определенной задачи.

Специфика СА заключается в том, что в научно-технической литературе определилось два направления в толковании его сущности, отличительный особенностей и границ применения:

1. Под системным анализом подразумевается проведение исследования, задача которого состоит, прежде всего, в том, чтобы количественно определить наилучшую стратегию управления, исходя из математического критерия оптимальности или рациональности. Основой такого исследования является описание какой-либо системы с помощью таких формальных средств, как диаграммы, математические уравнения, матрицы и т.д.

2. Под СА подразумевается выбор наиболее эффективного или наиболее целесообразного направления действия из нескольких возможных альтернативных вариантов, при этом основной упор делается на логику системного анализа и обязательно подчеркивается его неразрывная связь с процессом принятия решений.

Логический СА применяется для решения «слабо структурированных» проблем, в постановке которых много неясного и неопределенного, и потому их невозможно представить в полностью автоматизированном виде, что дополняется математическим анализом систем и другими методами анализа, например статистическими и логическими.

3. Задачи СА. В настоящее время на основании требований практики выделяют следующие основные типы задач, решением которых занимается СА.

Задачи 1-го типа направлены на дефиницию границ между системой и окружающей средой, определяют возможные ресурсы этого взаимодействия и принадлежность изучаемой системы, как к классу однотипных систем, так и к более сложной «мета системе».

Задачи 2-го типа определяют перспективные стратегии взаимодействия окружающей среды с исследуемым объектом, то есть ведут поиски таких перспективных специфических аспектов, которые в будущем должны обеспечить эффективное взаимодействие известных систем с исследуемым объектом.

Задачи 3-го типа включают в себя исследование самого объекта как системы за счет создания его имитационных моделей. Каждая частная имитационная модель охватывает ограниченное число аспектов поведения системы, имитирует какие-то определенные особенности изучаемого объекта.

Задачи 4-го типа решают вопросы о сведении различных аспектов поведения системы в единую картину на основе анализа ранее созданных частных имитационных моделей и их подробного изучения. Такой анализ позволяет определить место исследуемой системы в более крупной системе, на основании более общих ситуаций взаимодействия и взаимосвязей.

	Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева	Учебно-методический комплекс дисциплины	Издание: шестое
---	--	---	-----------------

Задачи 5-го типа занимаются конструированием организационного механизма. При решении задач данного типа извлеченная ранее информация возвращается в систему с целью ее преобразования и перестройки.

В процессе проведения исследований все выше перечисленные типы задач тесно взаимосвязаны между собой и для получения эффективного решения какой-либо проблемы не могут решаться изолированно друг от друга.

4. Принятие решений с позиций СА. Центральной процедурой в СА является построение обобщенной модели (или моделей), отображающей все факторы и взаимосвязи реальной ситуации, которые могут проявиться в процессе с реализации решения (см. рисунок 1.4).



Рисунок 1.4. Структурная схема взаимосвязей подцелей исследуемой системы (ПЦ) и вариантов (В) решения проблемы.

В дальнейшем полученная модель исследуется для выяснения того, насколько близок результат применения какого-либо альтернативного варианта желаемому, каковы сравнительные затраты ресурсов и времени по каждому из вариантов, какова степень чувствительности созданной модели к различным нежелательным воздействиям внешней среды. В соответствии с этим СА опошляет установить реальные связи между общими целями и конкретными вариантами распределения имеющихся в распоряжении исследователя ресурсов.

В процессе СА при проведении исследований выполняют следующие ионные его этапы (см. рисунок 1.5):

- 1) составление сценария;
- 2) определение генеральной цели проведения исследований;
- 3) структуризацию генеральной цели;
- 4) формирование перечня мероприятий для достижения целей;
- 5) определение временной последовательности выполнения действий для достижения целей;
- 6) расчет объемов имеющихся ресурсов и их распределение по видам выполняемых работ.



Рисунок 1.5. Структурная схема процесса проведения СА •

**Этап 1 - составление сценария.** Данный этап на основе знаний о прошлом и настоящем включает разработку исследовательских прогнозов будущего в анализируемой предметной области (см. рисунок 1.6). Серии таких прогнозов позволяют:

- выявить границы и свойства активной внешней среды и ее возможные изменения;
- изучить тенденции развития анализируемой предметной области и их зависимость от условий внешней среды и ее предполагаемых изменений;
- обеспечить уверенный переход к следующему этапу - выбору целей.



Рисунок 1.7. Взаимосвязь требований при составлении сценария

Для разработки исследовательских прогнозов используются: метод сценариев, дающий словесное описание предполагаемого хода событий на тот или иной отрезок

	Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева	Учебно-методический комплекс дисциплины	Издание: шестое
---	--	---	-----------------

времени в будущем, метод «Дельфы», построение имитационных моделей, морфологический анализ и другие. В процессе составления сценария необходимо (см. рисунок 1.7):

- определить его структуру и круг вопросов, которые должны быть в нем представлены;
- установить тесное взаимодействие между лицом, принимающим решение, и экспертами;
- описать структуру изучаемой предметной области и динамику ее развития при заданных условиях.

Следует отметить, что по мере развития проблемы появляются новые признаки, новые альтернативные решения, уточняются и дополняются новые характеристики, параметры и свойства создаваемого, исследуемого или совершенствуемого объекта. Как один из применяемых методов, морфологическая матрица описывает все возможные состояния проблемы и является оспинной для формирования возможных путей построения дерева целей.

**Этап 2 - определение генеральной цели планирования** базируется на данных исследовательского прогнозирования. Генеральная цель может быть определена как цель развития или цель создания системы. Цель формулируют в виде требуемого состояния объекта в будущем, причем это состояние может быть задано в виде указания на процесс, тенденции изменения состояния объекта. Цель создания является формулировкой конкретного результата который может быть достигнут в течение определенного промежутка времени. Цели создания могут быть сформулированы путем исключения недостатков, присущих конкретному объекту управления, или же синтезом достоинств отдельных объектов (см. рисунок 1.8).

- 1) обязательно использовать данные исследовательского прогнозирования; -
- 2) путем логического анализа выбрать генеральную цель (или совокупность генеральных целей);
- 3) при взаимодействии лица, принимающего решение, и экспертов составить



Рисунок 1.8. Способы достижения генеральной цели  
Для определения генеральной цели необходимо (см. рисунок 1.9):



Рисунок 1.9. Структурная схема определения генеральной цели

исчерпывающий перечень подцелей верхнего уровня (либо полный перечень генеральных

	<p>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева</p>	<p>Учебно-методический комплекс дисциплины</p>	<p>Издание: шестое</p>
---	---	--	------------------------

целей).

**Этап 3 - структуризация генеральной цели** проводится поэтапно (см. рисунок 1.10):

1) выделяются такие факторы, которые учитывают:

- перспективность научных исследований;
- фундаментальную важность;
- величину экономического эффекта в народном хозяйстве при использовании данного вида продукции или технологического процесса;
- соотношение объема производства и объема затрат;
- конкурентоспособность нового вида продукции или технологического процесса;
- ресурсы и уровень научно-производственного потенциала;
- возможности реализации поставленной цели соисполнителями и поставщиками;
- научно-технические и социально-политические последствия реализации цели;
- объем эксплуатационных расходов потребителя.
- научно-технические и социально-политические последствия реализации цели;
- объем эксплуатационных расходов потребителя.



2) классифицируются объекты, которые оценивают по выше представленным факторам;

3) формулируются критерии для оценки элементов на каждом уровне;

4) определяются весовые коэффициенты для каждого элемента на каждом уровне дерева целей.

Обязательным требованием данного этапа является то, что структура целей представляется в виде графа или дерева целей, при разработке которого определяются (см. рисунок 1.11):



Рисунок 1.11. Взаимосвязь требований при разработке структуры целей

- принципы построения системы;
- основания декомпозиции системы на каждом ее уровне;
- глубина декомпозиции системы;
- полный набор целей на каждом уровне;
- характеристики связей между отдельными целями;
- установление приоритетов целей.

Для каждой подцели данного уровня формируется полная совокупность элементов следующего уровня, обеспечивающая выполнение этой подцели. Неполнота формирования подцелей может привести к различию между поставленной и фактически достигаемой целями. Если возможны альтернативы в подцелях, то необходимо строить альтернативные графы целей и затем выбирать из них наиболее эффективные (см. рисунок 1.12).



Рисунок 1.12. Структурная схема дерева целей по условной рассматриваемой проблеме

В зависимости от того, определяет ли каждая рассматриваемая подцель одну или несколько подцелей более высокого уровня иерархии, выделяются три типа графа целей:

- со связями перекрестными;
- со связями прямыми;
- смешанного типа.

**Этап 4 — оценка приоритетов целей и формирование перечня мероприятий для**

их достижения. После построения структуры дерева целей оцениваются все приоритеты целей создаваемой или исследуемой системы. При рассмотрении произвольного построения структуры дерева целей (см. рисунок 1.12) видно, что возможные альтернативные варианты показаны количеством связей по каждому из подходов, а некоторые подцели дерева могут определять разное количество подцелей более высокого уровня.

Для оценки важности альтернативных путей используются коэффициент относительной важности и шкала оценки показателей важности альтернативного пути (см. рисунок 1.13).



Рисунок 1.13. Структурная схема относительной важности элементов дерева целей

Коэффициент важности на уровне подходов к решению главной цели определяется произведением соответствующих коэффициентов на вышестоящих уровнях.

Возвращаясь на первый уровень дерева целей, можно сделать заключение, что по шкале оценки показателей важности альтернативного пути, направления  $S_1$  (коэффициент 0,32) и  $S_2$  (коэффициент 0,46) соответствуют значению «большая важность». Следовательно, достижение главной цели должно осуществляться путем использования интенсивных технологий по предпочтительным направлениям ( $S_1$ , и  $S_2$ ),  $S_3$  является полезным направлением, однако в нем имеются необязательные ответвления  $S_{31}$  и  $S_{32}$ .

При рассмотрении различных направлений развития следует также обращать внимание на страны и предприятия, которые их развивают, оценивало коммерческую значимость, параметры объектов техники и технологии. Кроме этого необходимо учитывать ограниченность ресурсов для достижения генеральной цели и оценивать относительную важность между целями, так как увеличение расхода наличных ресурсов для решения одной проблемы ведет к снижению расхода ресурсов на другие.

В тех случаях, когда возможность получения объективной информации об относительной важности анализируемых целей (проблем) отсутствует, обычно используют оценки экспертов.

**Этап 5 - определение временной последовательности выполнения действий для достижения целей.** Данный этап традиционно выполняется путем составления сетевого графика работ. Для разработки сетевых графиков необходимо:

- представить каждый этап программы исследования на ряд контрольных

	Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева	Учебно-методический комплекс дисциплины	Издание: шестое
---	--	---	-----------------

событий;

- дать оценку затрат времени на переход от одного события к другому;
- определить, какие этапы и события программы исследования должны выполняться последовательно, а какие этапы можно совместить или какая полнить независимо друг от друга;

\* определить, какая последовательность событий требует самых больших суммарных затрат времени и создает критический путь или какая последовательность событий определяет полный срок работ графика.

**Этап 6 - расчет объемов имеющихся ресурсов и их распределение по видам выполняемых работ для достижения целей.** Ресурсы обычно под разделяются на три основные категории: рабочая сила, материалы, производственные мощности. Ограниченность отдельных видов ресурсов выдвигает задачу их распределения. Увязка целей с ресурсами - это процесс согласования целевых нормативов и ресурсов для их достижения.

На основании изложенного следует заключение о том, что СА включай методологию проведения исследования, выделение этапов исследования и обоснованный выбор методики выполнения каждого из этапов в конкретных условиях с определением целей, моделей системы и их формализованное представление. Поэтому СА опирается на ряд прикладных математически дисциплин и методов, исследование операций, теорию принятия решения, теорию графов и т.п. Техническими средствами системного анализа являю к й современные вычислительные машины и информационные системы.

Практическая ценность и эффективность СА обуславливаются возможностью достаточно строго рассматривать с его помощью слабо структурированные и имеющие большую долю неопределенности системы. Так как СА охватывает широкий круг исследований, большое разнообразие применяемых методов, то его общими задачами являются максимальное использование информации с целью получения совершенной системы с минимальными затратами и с заданными свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нураков С. Организация, планирование и управление научно-исследовательской и инновационной деятельностью. Учебное пособие. Астана, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 2016 г. -262 с.
2. Абраменков Д.Э., Абраменков Э.А., Грузин В.В. Методология научного творчества. Караганда: Болашак-Баспа, 2007 г. – 337 с.
3. КAUDЫРОВ Т.Е. Основы патентного права. – Алматы: Жеті жарғы. 2003. - 392 с.
4. Закон РК «Об авторском праве и смежных правах». Издательство Полиграфический центр ИПК сотрудников юстиции и государственных организаций РК. – г. Астана. -1996 г.– Усл. печ. листов 5. - 80 с.
5. Правила регистрации лицензионных, сублицензионных договоров на использование объектов промышленной собственности. – Алматы: Жеті жарғы. 2001. - 392 с.
6. Международная патентная классификация. 7-я ред. -2000 г. Т 1-10. Москва -200 г.
7. Международная классификация промышленных образцов (МКПО), 7-я ред. Москва. 1999 г.
8. Нураков С. Методы напыления покрытий в машиностроении. Мультимедийный электронный учебник. Алматы: Эпиграф, 2019.
9. Патентный Закон Республики Казахстан от 16 июля 1999 года № 427 с изменениями и дополнениями на 20.06.2018.

	<b>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева</b>	<b>Учебно-методический комплекс дисциплины</b>	<b>Издание: шестое</b>
---	---	--	------------------------