

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.

Тема 1.2. «Терминология и основные понятия курса».

Тезисное содержание темы. Основные понятия и определения. Система. Особенности и виды систем. Анализ и синтез. Принцип декомпозиции. Эффективность функционирования систем. Модель. Моделирование. Функции и принципы системного анализа. Основные законы теории систем.

Системный анализ как дисциплина сформировался в результате возникновения необходимости исследовать и проектировать сложные системы, управлять ими в условиях неполноты информации, ограниченности ресурсов и дефицита времени. Системный анализ является дальнейшим развитием целого ряда дисциплин, таких как исследование операций, теория оптимального управления, теория принятия решений, экспертный анализ, теория организации эксплуатации систем и т.д. Для успешного решения поставленных задач системный анализ использует всю совокупность формальных и неформальных процедур. Перечисленные теоретические дисциплины являются базой и методологической основой системного анализа. Таким образом, системный анализ – междисциплинарный курс, обобщающий методологию исследования сложных технических, природных и социальных систем. Широкое распространение идей и методов системного анализа, а главное – успешное их применение на практике стало возможным только с внедрением и повсеместным использованием ЭВМ. Именно применение ЭВМ как инструмента решения сложных задач позволило перейти от построения теоретических моделей систем к широкому их практическому применению. В связи с этим Н.Н. Моисеев пишет, что системный анализ – это совокупность методов, основанных на использовании ЭВМ и ориентированных на исследование сложных систем – технических, экономических, экологических и т.д. Центральной проблемой системного анализа является проблема принятия решения. Применительно к задачам исследования, проектирования и управления сложными системами проблема принятия решения связана с выбором определённой альтернативы в условиях различного рода неопределённости. Неопределённость обусловлена многокритериальностью задач оптимизации, неопределённостью целей развития систем, неоднозначностью сценариев развития системы, недостаточностью априорной информации о системе, воздействием случайных факторов в ходе динамического развития системы и прочими условиями. Учитывая данные обстоятельства, системный анализ можно определить как дисциплину, занимающуюся проблемами принятия решений в условиях, когда выбор альтернативы требует анализа сложной информации различной физической природы.

Главным содержанием дисциплины «Системный анализ» является рассмотрение сложных проблем принятия решений, при изучении которых неформальные процедуры представления здравого смысла и способы описания ситуаций играют не меньшую роль, чем формальный математический аппарат. Системный анализ является дисциплиной синтетической. В нём можно выделить три главных направления. Эти три направления

соответствуют трём этапам, которые всегда присутствуют в исследовании сложных систем:

- 1) построение модели исследуемого объекта;
- 2) постановка задачи исследования;
- 3) решение поставленной математической задачи.

Рассмотрим данные этапы более подробно.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ

Построение модели (формализация изучаемой системы, процесса или явления) есть описание процесса на языке математики. При построении модели осуществляется математическое описание явлений и процессов, происходящих в системе. Поскольку знание всегда относительно, описание на любом языке отражает лишь некоторые стороны происходящих процессов и никогда не является абсолютно полным. С другой стороны, следует отметить, что при построении модели необходимо уделять основное внимание тем сторонам изучаемого процесса, которые интересуют исследователя. Глубоко ошибочным является желание при построении модели системы отразить все стороны существования системы. При проведении системного анализа как правило интересуются динамическим поведением системы, причём при описании динамики с точки зрения проводимого исследования есть первостепенные параметры и взаимодействия, а есть несущественные в данном исследовании параметры. Таким образом, качество модели определяется соответствием выполненного описания тем требованиям, которые предъявляются к исследованию, соответствием получаемых с помощью модели результатов ходу наблюдаемого процесса или явления. Построение математической модели есть основа всего системного анализа, центральный этап исследования или проектирования любой системы. От качества модели зависит результат всего системного анализа.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

На данном этапе формулируется цель анализа. Цель исследования предполагается внешним фактором по отношению к системе. Таким образом, цель становится самостоятельным объектом исследования. Цель должна быть формализована. Задача системного анализа состоит в проведении необходимого анализа неопределённостей, ограничений и формулировании, в конечном счёте, некоторой оптимизационной задачи $f(x)$ стремится к максимуму, где x принадлежит области G . Здесь x – элемент некоторого нормированного пространства G , определяемого природой модели, G принадлежит E , где E – множество, которое может иметь сколь угодно сложную природу, определяемую структурой модели и особенностями исследуемой системы. Таким образом, задача системного анализа на этом этапе трактуется как некоторая оптимизационная проблема. Анализируя требования к системе, т.е. цели, которые предполагает достигнуть исследователь, и те неопределённости, которые при этом неизбежно присутствуют, исследователь должен сформулировать цель анализа на языке математики. Язык оптимизации оказывается здесь естественным и удобным, но вовсе не единственно возможным.

РЕШЕНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Только этот третий этап анализа можно отнести собственно к этапу, использующему в полной степени математические методы. Хотя без знания математики и возможностей её аппарата успешное выполнение двух первых этапов невозможно, так как и при построении модели системы, и при формулировании цели и задач анализа широкое применение должны находить методы формализации. Однако отметим, что именно на завершающем этапе системного анализа могут потребоваться тонкие математические

методы. Но следует иметь в виду, что задачи системного анализа могут иметь ряд особенностей, которые приводят к необходимости применения наряду с формальными процедурами эвристических подходов. Причины, по которым обращаются к эвристическим методам, в первую очередь связаны с недостатком априорной информации о процессах, происходящих в анализируемой системе. Также к таковым причинам можно отнести большую размерность вектора x и сложность структуры множества G . В данном случае трудности, возникающие в результате необходимости применения неформальных процедур анализа, зачастую являются определяющими. Успешное решение задач системного анализа требует использования на каждом этапе исследования неформальных рассуждений. Ввиду этого проверка качества решения, его соответствие исходной цели исследования превращается в важнейшую теоретическую проблему.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАЧ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Системный анализ в настоящее время вынесен на самое острие научных исследований. Он призван дать научный аппарат для анализа и изучения сложных систем. Лидирующая роль системного анализа обусловлена тем, что развитие науки привело к постановке тех задач, которые призван решать системный анализ. Особенность текущего этапа состоит в том, что системный анализ, ещё не успев сформироваться в полноценную научную дисциплину, вынужден существовать и развиваться в условиях, когда общество начинает ощущать потребность в применении ещё недостаточно разработанных и апробированных методов и результатов и не в состоянии отложить решение связанных с ними задач на завтра. В этом источник как силы, так и слабости системного анализа: силы – потому, что он постоянно ощущает воздействие потребности практики, вынужден непрерывно расширять круг объектов исследования и не имеет возможности абстрагироваться от реальных потребностей общества; слабости – потому, что нередко применение «сырых», недостаточно проработанных методов системных исследований ведёт к принятию скороспелых решений, пренебрежению реальными трудностями.

Рассмотрим основные задачи, на решение которых направлены усилия специалистов и которые нуждаются в дальнейшей разработке. Во-первых, следует отметить задачи 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.

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 идёт 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. Исследования в этом направлении начаты лишь совсем недавно, и единый концептуальный аппарат в них пока

отсутствует. Тем не менее, и здесь можно выделить несколько важных направлений – таких, как разработка формального аппарата индуктивной логики, методов морфологического анализа и других структурно-синтаксических методов конструирования новых альтернатив, методов симантики и организации группового взаимодействия при решении творческих задач, а также изучение основных парадигм поискового мышления.

Задачи третьего типа заключаются в конструировании множества имитационных моделей, описывающих влияние того или иного взаимодействия на поведение объекта исследования. Отметим, что в системных исследованиях не преследуется цель создания некой супермодели. Речь идёт о разработке частных моделей, каждая из которых решает свои специфические вопросы. Даже после того как подобные имитационные модели созданы и исследованы, вопрос о сведении различных аспектов поведения системы в некую единую схему остается открытым. Однако решить его можно и нужно не посредством построения супермодели, а анализируя реакции на наблюдаемое поведение других взаимодействующих объектов, т.е. путём исследования поведения объектов – аналогов и перенесения результатов этих исследований на объект системного анализа. Такое исследование даёт основание для содержательного понимания ситуаций взаимодействия и структуры взаимосвязей, определяющих место исследуемой системы в структуре суперсистемы, компонентом которой она является.

Задачи четвёртого 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 её подсистемами, сочетать цели системы с целями подсистем, выделять глобальные и второстепенные цели. Наиболее развитая и в то же время наиболее специфическая область научного творчества связана с развитием теории принятия решений и формированием целевых структур, программ и планов. Здесь не ощущается недостатка и в работах, и в активно работающих исследователях. Однако и в данном случае слишком многие результаты находятся на уровне неподтверждённого изобретательства и разночтений при понимании как существа стоящих задач, так и средств их решения. Исследования в этой области включают:

а) построение теории оценки эффективности принятых решений или сформированных планов и программ;

б) решение проблемы многокритериальности в оценках альтернатив решения или планирования;

в) исследования проблемы неопределённости, особенно связанной не с факторами статистического характера, а с неопределённостью экспертных суждений и преднамеренно создаваемой неопределённостью, связанной с упрощением представлений о поведении системы;

г) разработка проблемы агрегирования индивидуальных предпочтений на решениях, затрагивающих интересы нескольких сторон, которые влияют на поведение системы;

д) изучение специфических особенностей социально-экономических критериев эффективности;

е) создание методов проверки логической согласованности целевых структур и планов и установления необходимого баланса между предопределённостью программы действий и её подготовленностью к перестройке при поступлении новой информации как о внешних событиях, так и изменении представлений о выполнении этой программы.

Для последнего направления требуется новое осознание реальных функций целевых структур, планов, программ и определение тех, которые они должны выполнять, а также связей между ними.

Рассмотренные задачи системного анализа не охватывают полного перечня задач. Здесь перечислены те, которые представляют наибольшую сложность при их решении. Следует отметить, что все задачи системных исследований тесно взаимосвязаны друг с другом, не могут быть изолированы и решаться отдельно как по времени, так и по составу исполнителей. Более того, чтобы решать все эти задачи, исследователь должен обладать широким кругозором и владеть богатым арсеналом методов и средств научного исследования.

ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Конечной целью системного анализа является разрешение проблемной ситуации, возникшей перед объектом проводимого системного исследования (обычно это конкретная организация, коллектив, предприятие, отдельный регион, социальная структура и т.п.). Системный анализ занимается изучением проблемной ситуации, выяснением её причин, выработкой вариантов её устранения, принятием решения и организацией дальнейшего функционирования системы, разрешающего проблемную ситуацию. Начальным этапом любого системного исследования является изучение объекта проводимого системного анализа с последующей его формализацией. На этом этапе возникают задачи, в корне отличающие методологию системных исследований от методологии других дисциплин, а именно, в системном анализе решается двуединая задача. С одной стороны, необходимо формализовать объект системного исследования, с другой стороны, формализации подлежит процесс исследования системы, процесс постановки и решения проблемы. Приведём пример из теории проектирования систем. Современная теория автоматизированного проектирования сложных систем может рассматриваться как одна из частей системных исследований. Согласно ей проблема проектирования сложных систем имеет два аспекта. Во-первых, требуется осуществить формализованное описание объекта проектирования. Причём на этом этапе решаются задачи формализованного описания как статической составляющей системы (в основном формализации подлежит её структурная организация), так и её поведение во времени (динамические аспекты, которые отражают её функционирование). Во-вторых, требуется формализовать процесс проектирования. Составными частями процесса проектирования являются методы формирования различных проектных решений, методы их инженерного анализа и методы принятия решений по выбору наилучших вариантов реализации системы.

Важное место в процедурах системного анализа занимает проблема принятия решения. В качестве особенности задач, встающих перед системными аналитиками, необходимо отметить требование оптимальности принимаемых решений. В настоящее время приходится решать задачи оптимального управления сложными системами, оптимального проектирования систем, включающих в себя большое количество элементов и подсистем. Развитие техники достигло такого уровня, при котором создание просто работоспособной конструкции само по себе уже не всегда удовлетворяет ведущие отрасли промышленности. Необходимо в ходе проектирования обеспечить наилучшие показатели

по ряду характеристик новых изделий, например, добиться максимального быстрогодействия, минимальных габаритов, стоимости и т.п. при сохранении всех остальных требований в заданных пределах. Таким образом, практика предъявляет требования разработки не просто работоспособного изделия, объекта, системы, а создания оптимального проекта. Аналогичные рассуждения справедливы и для других видов деятельности. При организации функционирования предприятия формулируются требования по максимизации эффективности его деятельности, надёжности работы оборудования, оптимизации стратегий обслуживания систем, распределения ресурсов и т.п.

В различных областях практической деятельности (технике, экономике, социальных науках, психологии) возникают ситуации, когда требуется принимать решения, для которых не удаётся полностью учесть предопределяющие их условия.

Принятие решения в таком случае будет происходить в условиях неопределённости, которая имеет различную природу.

Один из простейших видов неопределённости – неопределённость исходной информации, проявляющаяся в различных аспектах. В первую очередь, отметим такой аспект, как воздействие на систему неизвестных факторов. Неопределённость, обусловленная неизвестными факторами, также бывает разных видов. Наиболее простой вид такого рода неопределённости – стохастическая неопределённость. Она имеет место в тех случаях, когда неизвестные факторы представляют собой случайные величины или случайные функции, статистические характеристики которых могут быть определены на основании анализа прошлого опыта функционирования объекта. Следующий вид неопределённости – неопределённость целей. Формулирование цели при решении задач системного анализа является одной из ключевых процедур, потому что цель является объектом, определяющим постановку задачи системных исследований. Неопределённость цели является следствием из многокритериальности задач системного анализа.

Назначение цели, выбор критерия, формализация цели почти всегда представляют собой трудную проблему. Задачи со многими критериями характерны для крупных технических, хозяйственных, экономических проектов. И, наконец, следует отметить такой вид неопределённости, как неопределённость, связанная с последующим влиянием результатов принятого решения на проблемную ситуацию. Дело в том, что решение, принимаемое в настоящий момент и реализуемое в некоторой системе, призвано повлиять на функционирование системы. Собственно для того оно и принимается, так как по идее системных аналитиков данное решение должно разрешить проблемную ситуацию. Однако поскольку решение принимается для сложной системы, то развитие системы во времени может иметь множество стратегий. И конечно же, на этапе формирования решения и принятия управляющего воздействия аналитики могут не представлять себе полной картины развития ситуации. При принятии решения существуют различные рекомендации прогнозирования развития системы во времени. Один из таких подходов рекомендует прогнозировать некоторую «среднюю» динамику развития системы и принимать решения исходя из такой стратегии. Другой подход рекомендует при принятии решения исходить из возможности реализации самой неблагоприятной ситуации.

В качестве следующей особенности системного анализа отметим роль моделей как средства изучения систем, являющихся объектом системных исследований. Любые методы системного анализа опираются на математическое описание тех или иных фактов, явлений, процессов. Употребляя слово «модель», всегда имеют в виду некоторое описание, отражающее именно те особенности изучаемого процесса, которые и

интересуют исследователя. Точность, качество описания определяются, прежде всего, соответствием модели тем требованиям, которые предъявляются к исследованию, соответствием получаемых с помощью модели результатов наблюдаемому ходу процесса. Если при разработке модели используется язык математики, говорят о математических моделях. Построение математической модели является основой всего системного анализа. Это центральный этап исследования или проектирования любой системы. От качества модели зависит успешность всего последующего анализа. Однако в системном анализе наряду с формализованными процедурами большое место занимают неформальные, эвристические методы исследования. Этому есть ряд причин. Первая состоит в следующем. При построении моделей систем может иметь место отсутствие или недостаток исходной информации для определения параметров модели. В этом случае проводится экспертный опрос специалистов с целью устранения неопределённости или, по крайней мере, её уменьшения, т.е. опыт и знания специалистов могут быть использованы для назначения исходных параметров модели. Ещё одна причина применения эвристических методов состоит в следующем. Попытки формализовать процессы, протекающие в исследуемых системах, всегда связаны с формулированием определённых ограничений и упрощений. Здесь важно не перейти ту грань, за которой дальнейшее упрощение приведёт к потере сути описываемых явлений. Иными словами, желание приспособить хорошо изученный математический аппарат для описания исследуемых явлений может исказить их суть и привести к неверным решениям. В этой ситуации требуется использовать научную интуицию исследователя, его опыт и умение сформулировать идею решения задачи, т.е. применяется подсознательное, внутреннее обоснование алгоритмов построения модели и методов их исследования, не поддающееся формальному анализу. Эвристические методы поиска решений формируются человеком или группой исследователей в процессе их творческой деятельности. Эвристика – это совокупность знаний, опыта, интеллекта, используемых для получения решений с помощью неформальных правил. Эвристические методы оказываются полезными и даже незаменимыми при исследованиях, имеющих нечисловую природу или отличающихся сложностью, неопределённостью, изменчивостью. Наверняка при рассмотрении конкретных задач системного анализа можно будет выделить ещё какие-то их особенности, отмеченные здесь, являются общими для всех задач системных исследований.

ПРОЦЕДУРЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

В предыдущем разделе были сформулированы три этапа проведения системного анализа. Эти этапы являются основой решения любой задачи проведения системных исследований. Суть их состоит в том, что необходимо построить модель исследуемой системы, т.е. дать формализованное описание изучаемого объекта, сформулировать критерий решения задачи системного анализа, т.е. поставить задачу исследования и далее решить поставленную задачу. Указанные три этапа проведения системного анализа являются укрупнённой схемой решения задачи. В действительности задачи системного анализа являются достаточно сложными, поэтому перечисление этапов не может быть самоцелью. Отметим также, что методика проведения системного анализа и руководящие принципы не являются универсальными – каждое исследование имеет свои особенности и требует от исполнителей интуиции, инициативы и воображения, чтобы правильно определить цели проекта и добиться успеха в их достижении. Неоднократно имели место попытки создать достаточно общий, универсальный алгоритм системного анализа. Тщательное рассмотрение имеющихся в литературе алгоритмов показывает, что у них большая степень общности в целом и различия в частности, деталях. Постараемся изложить основные процедуры алгоритма проведения системного анализа, которые являются обобщением последовательности этапов и отражают его общие закономерности.

Перечислим основные процедуры системного анализа:

- изучение структуры системы, анализ её компонентов, выявление взаимосвязей между отдельными элементами;
- сбор данных о функционировании системы, исследование информационных потоков, наблюдения и эксперименты над анализируемой системой;
- построение моделей;
- проверка адекватности моделей, анализ неопределённости и чувствительности;
- исследование ресурсных возможностей;
- определение целей системного анализа;
- формирование критериев;
- генерирование альтернатив;
- реализация выбора и принятие решений;
- внедрение результатов анализа.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЦЕЛЕЙ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Для традиционных наук начальный этап работы заключается в постановке формальной задачи, которую надо решать. В исследовании сложной системы это промежуточный результат, которому предшествует длительная работа по структурированию исходной проблемы. Начальный пункт определения целей в системном анализе связан с формулированием проблемы. Здесь следует отметить следующую особенность задач системного анализа. Необходимость системного анализа возникает тогда, когда заказчик уже сформулировал свою проблему, т.е. проблема не только существует, но и требует решения. Однако системный аналитик должен отдавать себе отчёт в том, что сформулированная заказчиком проблема представляет собой приблизительный рабочий вариант. Причины, по которым исходную формулировку проблемы необходимо считать в качестве первого приближения, состоят в следующем. Система, для которой формулируется цель проведения системного анализа, не является изолированной. Она связана с другими системами, входит как часть в состав некоторой надсистемы, например, автоматизированная система управления отделом или цехом на предприятии является структурной единицей АСУ всего предприятия. Поэтому, формулируя проблему для рассматриваемой системы, необходимо учитывать, как решение данной проблемы отразится на системах, с которыми связана данная система. Неизбежно планируемые изменения затронут и подсистемы, входящие в состав данной системы, и надсистему, содержащую данную систему. Таким образом, к любой реальной проблеме следует относиться не как к отдельно взятой, а как зависимой от множества взаимосвязанных факторов. При формулировании системы проблем системный аналитик должен следовать некоторым рекомендациям. Во-первых, за основу должно браться мнение заказчика. Как правило, в качестве такового выступает руководитель организации, для которой проводится системный анализ. Именно он, как было отмечено выше, генерирует исходную формулировку проблемы. Далее системный аналитик, ознакомившись со сформулированной проблемой, должен уяснить задачи, которые были поставлены перед руководителем, ограничения и обстоятельства, влияющие на поведение руководителя, противоречивые цели, между которыми он старается найти компромисс. Системный аналитик должен изучить организацию, для которой проводится системный анализ. Необходимо тщательно ознакомиться с существующей иерархией управления, функциями различных групп, а также предыдущими исследованиями соответствующих вопросов, если таковые проводились. Аналитик должен воздерживаться от высказывания своего предвзятого мнения о проблеме и от попыток втиснуть её в рамки своих прежних представлений ради того, чтобы использовать желательный для себя подход к её решению. Наконец, аналитик не должен оставлять непроверенными утверждения и замечания руководителя. Как уже отмечалось, проблему, сформулированную руководителем, во-первых, необходимо расширять до комплекса проблем, согласованных с над- и подсистемами, и, во-вторых, согласовывать её со всеми заинтересованными

лицами. Следует также отметить, что каждая из заинтересованных сторон имеет своё видение проблемы, отношение к ней. Поэтому при формулировании комплекса проблем необходимо учитывать, какие изменения и почему хочет внести та или другая сторона. Кроме того, проблему необходимо рассматривать всесторонне, в том числе и во временном, историческом плане. Требуется предвидеть, как сформулированные проблемы могут измениться с течением времени или в связи с тем, что исследование заинтересует руководителей другого уровня. Формулируя комплекс проблем, системный аналитик должен знать развёрнутую картину того, кто заинтересован в том или ином решении. После того как сформулирована проблема, которую требуется преодолеть в ходе выполнения системного анализа, переходят к определению цели. Определить цель системного анализа – это означает ответить на вопрос, что надо сделать для снятия проблемы. Сформулировать цель – значит указать направление, в котором следует двигаться, чтобы разрешить существующую проблему, показать пути, которые уводят от существующей проблемной ситуации. Формулируя цель, требуется всегда отдавать отчёт в том, что она характеризует ведущую роль в управлении. В определении цели было отражено, что цель – это желаемый результат развития системы. Таким образом, сформулированная цель системного анализа будет определять весь дальнейший комплекс работ. Следовательно, цели должны быть реалистичны. Задание реалистичных целей направит всю деятельность по выполнению системного анализа на получение определённого полезного результата. Важно также отметить, что представление о цели зависит от стадии познания объекта, и по мере развития представлений о нём цель может быть переформулирована. Изменение целей во времени может происходить не только по форме, в силу всё лучшего понимания сути явлений, происходящих в исследуемой системе, но и по содержанию, вследствие изменения объективных условий и субъективных установок, влияющих на выбор целей. Сроки изменения представлений о целях, старения целей различны и зависят от уровня иерархии рассмотрения объекта. Цели более высоких уровней долговечнее. Динамичность целей должна учитываться в системном анализе. При формулировании цели нужно учитывать, что на цель оказывают влияние как внешние по отношению к системе факторы, так и внутренние. При этом внутренние факторы являются такими же объективно влияющими на процесс формирования цели факторами, как и внешние. Далее следует отметить, что даже на самом верхнем уровне иерархии системы имеет место множественность целей. Анализируя проблему, необходимо учитывать цели всех заинтересованных сторон. Среди множества целей желательно попытаться найти или сформировать глобальную цель. Если этого сделать не удаётся, следует проранжировать цели в порядке их предпочтения для снятия проблемы в анализируемой системе. Исследование целей заинтересованных в проблеме лиц должно предусматривать возможность их уточнения, расширения или даже замены. Это обстоятельство является основной причиной итеративности системного анализа. На выбор целей субъекта решающее влияние оказывает та система ценностей, которой он придерживается, поэтому при формировании целей необходимым этапом работ является выявление системы ценностей, которой придерживается лицо, принимающее решение.

Любая система состоит из подсистем, подсистема любой системы может быть сама рассмотрена как система. Границы рассматриваемой системы определяются доступными ресурсами и окружением. Например. Наука - система, обеспечивающая получение, проверку, фиксацию (хранение), актуализацию знаний общества. Наука имеет подсистемы: математика, информатика, физика, экономика и др. Любое знание существует лишь в форме систем (систематизированное знание). Теория - наиболее развитая система их организации, позволяющая не только описывать, но и объяснять, прогнозировать события, процессы.

Определим основные понятия системного анализа, необходимые далее.

Состояние системы - фиксация совокупности доступных ей ресурсов (материальных, энергетических, информационных, пространственных, временных, людских, организационных), определяющих ее отношение к ожидаемому результату или его образу. Это "фотография" механизма преобразования входных данных системы в выходные данные.

Цель - образ несуществующего, но желаемого, с точки зрения задачи или рассматриваемой проблемы, состояния среды, т.е. такого состояния, которое позволяет решать проблему при данных ресурсах. Это описание, представление некоторого наиболее предпочтительного (с точки зрения поставленной цели и доступных ресурсов) состояния системы.

Пример. Основные социально-экономические цели общества: экономический рост; полная трудовая занятость населения; экономическая эффективность производства; стабильный уровень цен; экономическая свобода производителей и потребителей; справедливое распределение ресурсов и благ; социально-экономическая обеспеченность и защищенность; торговый баланс на рынке; справедливая налоговая политика.

Задача - некоторое множество исходных посылок (входных данных к задаче), описание цели, определенной над множеством этих данных, и, может быть, описание возможных стратегий достижения этой цели или возможных промежуточных состояний исследуемого объекта.

Решить задачу означает определить четко ресурсы и пути достижения указанной цели при исходных посылках. Решение задачи - описание, представление состояния задачи, при котором достигается указанная цель; решением задачи называют и сам процесс нахождения этого состояния.

Понятие проблемы в системном анализе - шире, чем понятие задачи, и состоит обычно из ряда взаимосвязанных задач.

Проблема - описание, желательно содержательное, ситуации. В ней должны быть определены: цель, достигаемые (достижимые, желательные) результаты, ресурсы и стратегия достижения цели (решения). Проблема проявляется поведением системы.

Описание (спецификация) системы - это идентификация ее определяющих элементов и подсистем, их взаимосвязей, целей, функций и ресурсов. Описание допустимых состояний системы.

Если входные данные, цель, условие задачи, решение плохо (частично) описываемы, формализуемы, то такие задачи называются плохо формализуемыми. Поэтому при решении задач приходится рассматривать целый комплекс процедур формализации, с помощью которых можно исследовать эту плохо формализованную задачу. Сложность их исследования заключается в необходимости учета различных, а часто и противоречивых критериев определения, оценки решения задачи.

Структура - все то, что вносит порядок во множество объектов, т.е. совокупность связей и отношений между частями целого, необходимых для достижения цели.

Пример. Примеры структур: извилины мозга, факультет, государственное устройство, кристаллическая решетка вещества, микросхема. Например, кристаллическая решетка алмаза - структура неживой природы. Пчелиные соты и полосы на спине зебры - структуры живой природы. Озеро - структура экологической природы. Партия (общественная, политическая) - структура социальной природы и т.д.

Базовые топологии структур (систем) приведены на рис. 1.1-1.4.

Рис. 1.1. Структура линейного типа

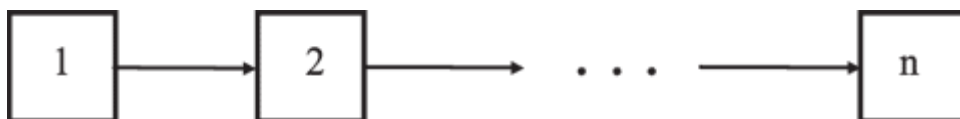


Рис.1.2. Структура иерархического типа (первая цифра - номер уровня)

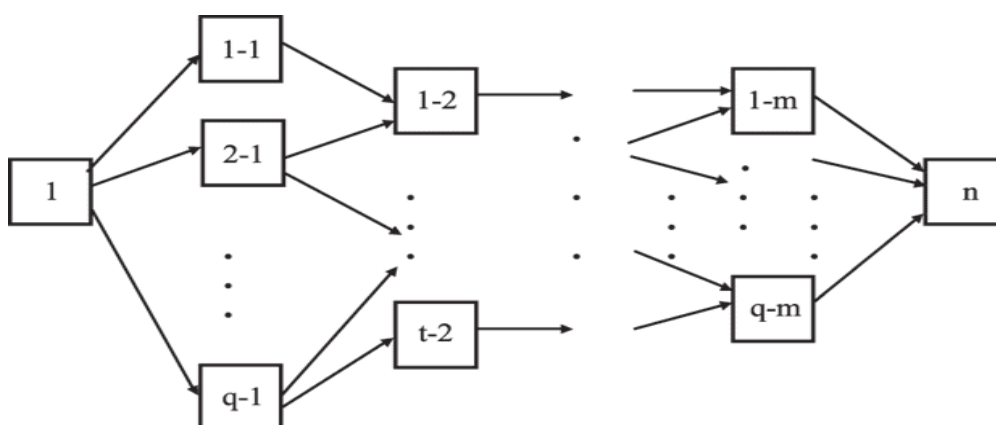
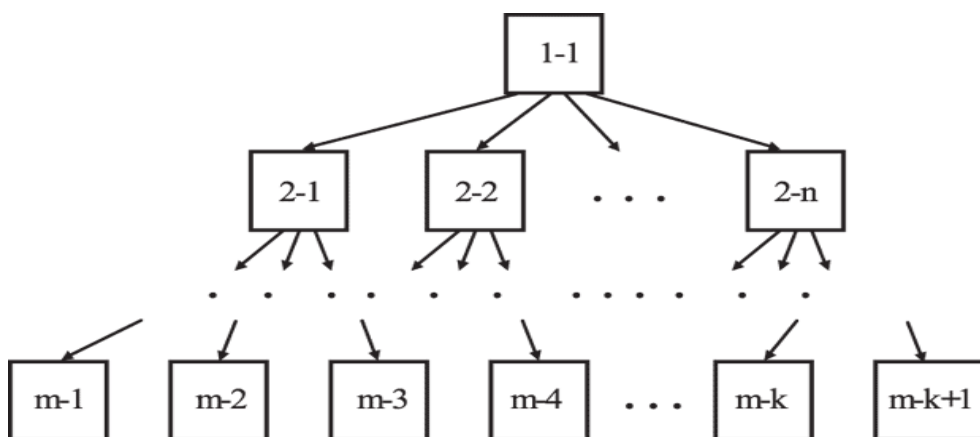


Рис. 1.3. Структура сетевого типа (вторая цифра - номер в пути)

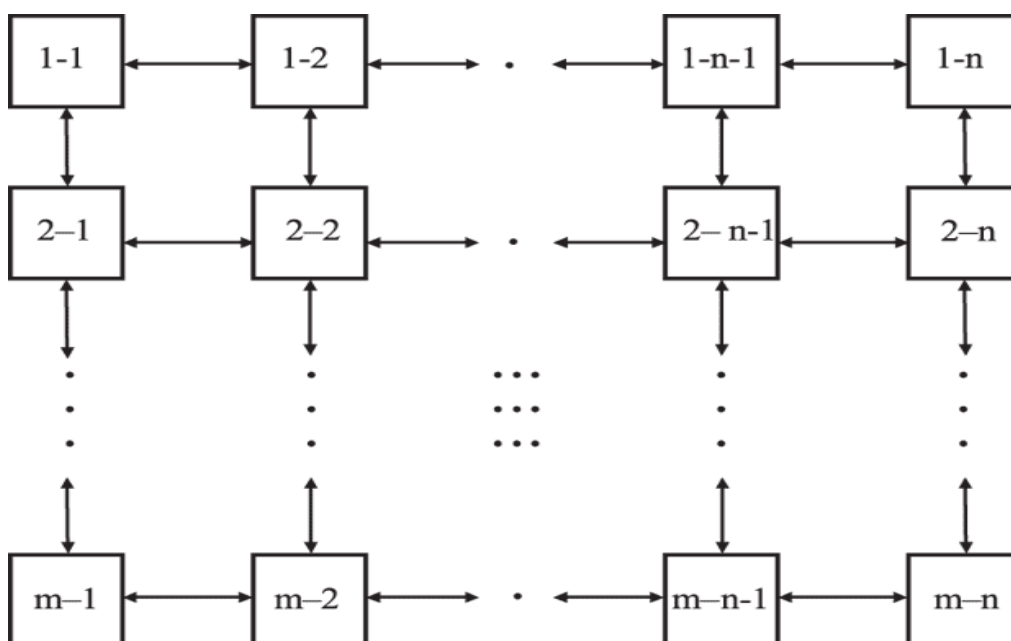


Рис.1.4. Структура матричного типа

Пример. Примером линейной структуры является структура станций метро на одной (не кольцевой) линии в одном направлении. Примером иерархической структуры может служить структура управления вузом: "Ректор - Проректор - Директор института-Заведующий кафедрой - Преподаватель кафедры." Пример сетевой структуры - структура организации работ при строительстве дома: некоторые работы, например, монтаж стен, благоустройство территории и др. можно выполнять параллельно. Пример матричной структуры - структура работников отдела НИИ, выполняющих работы по одной и той же теме.

Кроме указанных основных типов структур, используются и другие, образующиеся с помощью их корректных комбинаций - соединений и вложений.

Пример. Из комбинаций "плоскостных временных" матричных структур можно получить матричную "пространственную (время-возраст)" структуру. Комбинация сетевых структур может вновь дать сетевую структуру. Комбинация иерархической и линейной структур может привести как к иерархической ("навешивая" древовидную структуру на древовидную), так и к неопределенной ("навешивая" древовидную структуру на линейную). Смешанную структуру могут иметь системы открытого акционерного типа, корпорации на рынке с дистрибьютерской сетью и другие.

Из одинаковых элементов можно получать структуры различного типа.

Пример. Макромолекулы различных силикатов получают из одних и тех же элементов (Si, O). Это пример связей вещества и структуры (см. рис. 1.5).

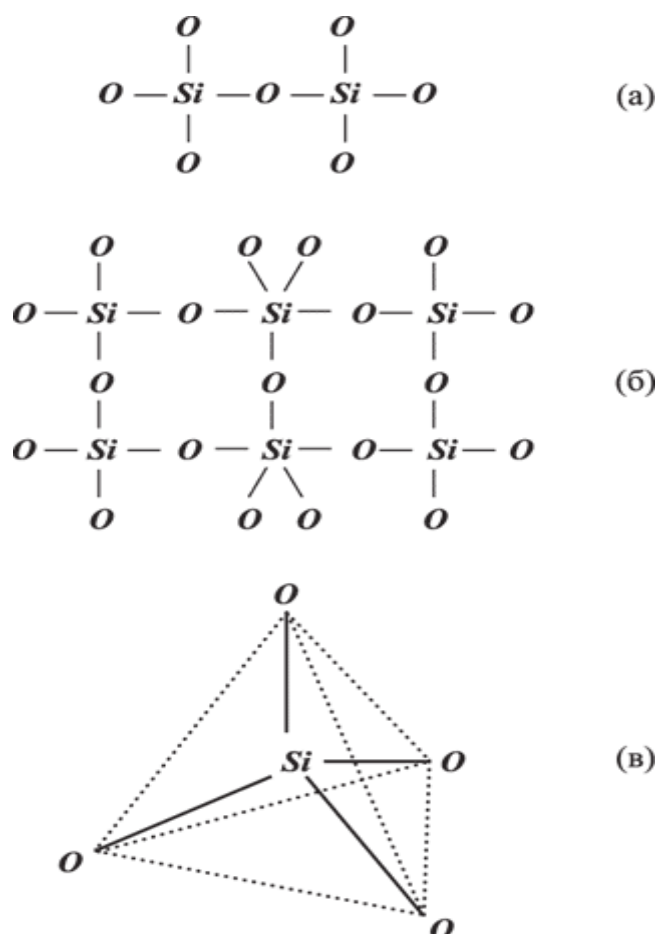


Рис. 1.5. Структуры макромолекул из кремния и кислорода (а, б, в)

Пример. Из одних и тех же составляющих рынка (ресурсы, товары, потребители, продавцы) можно образовывать рыночные структуры различного типа: ОАО, ООО, ЗАО и др. При этом структура объединения может определять свойства, характеристики системы.

В современных компьютерных архитектурах, компьютерных системах и сетях важно правильно выбрать эффективную структуру и топологию.

Пример. Последовательная структура используется при организации конвейерных вычислений на суперкомпьютерах (конвейерных вычислительных структурах). Сетевая структура (в частности, типа "бабочка") используется для организации вычислений специализированных структур, в частности, для быстрого преобразования Фурье, которое используется для обработки спутниковой информации и во многих других отраслях. Древовидные сети подвержены влиянию переменных задержек, когда данные из всех узлов одного поддерева должны быть переданы на другое поддерево. Двумерные решетки (матрицы) часто применяются для обработки изображений. Матрично-матричная структура - гиперкуб используется для связи каждого из 2^n узлов с каждым, который отличается в одном двоичном разряде, и организации их независимой работы по выполнению отдельных частей большой программы (задачи); в частности, компьютер такой архитектуры эффективно играл с Г. Каспаровым в шахматы.

Структура является связной, если возможен обмен ресурсами между любыми двумя подсистемами системы (предполагается, что если есть обмен i -й подсистемы с j -й подсистемой, то есть и обмен j -й подсистемы с i -й).

Если структура или элементы системы плохо (частично) описываемы или определяемы, то такое множество объектов называется плохо или слабо структурируемым (структурированным).

Таково большинство социально-экономических систем, обладающих рядом специфических черт плохо структурируемых систем, а именно:

1. мультиаспектностью и взаимосвязанностью происходящих в них процессов (экономических, социальных и т.п.), невозможностью их структурирования, так как все происходящие в них явления должны рассматриваться в совокупности;
2. отсутствием достаточной информации (как правило, количественной) о динамике процессов и применимостью лишь качественного анализа;
3. изменчивостью и многовариантностью динамики процессов и т.д.

Пример. Плохо структурируемы будут проблемы описания многих исторических эпох, проблем микромира, общественных и экономических явлений, например, динамики курса валют на рынке, поведения толпы и др.

Плохо формализуемые и плохо структурируемые проблемы (системы) наиболее часто возникают на стыке различных наук, при исследовании синергетических процессов и систем.

Слово "система" - в переводе с греческого означает - "целое, составленное из частей". Это одна из абстракций системного анализа, которую можно конкретизировать, выразить в конкретных формах.

Можно теперь дать и следующее, более полное определение системы.

Система - это средство достижения цели или все то, что необходимо для достижения цели (элементы, отношения, структура, работа, ресурсы) в некотором заданном множестве объектов (операционной среде).



Рис. 1.6. Структура системы

Для описания системы важно знать, какие она имеет структуру (строение), функции (работу) и связи (ресурсы) с окружением. Совокупность элементов и связей между ними позволяет судить о структуре системы. Любая система имеет внутренние состояния,

внутренний механизм преобразования входных данных в выходные (внутреннее описание), а также имеет внешние проявления (внешнее описание). Внутреннее описание дает информацию о поведении системы, о соответствии (несоответствии) внутренней структуры системы целям, подсистемам (элементам) и ресурсам в системе, внешнее описание - о взаимоотношениях с другими системами, с целями и ресурсами других систем (см. рис.1.6). Внешнее описание системы определяется ее внутренним описанием.

Морфологическое (структурное или топологическое) описание системы - это описание строения или структуры системы или описание совокупности A элементов этой системы и необходимого для достижения цели набора отношений R между этими элементами системы.

Функциональное описание системы - это описание законов функционирования, эволюции системы, алгоритмов ее поведения, "работы".

Информационное (информационно-логическое или инфологическое) описание системы - это описание информационных связей как системы с окружающей средой, так и подсистем системы. Раньше информационное описание системы называли кибернетическим.

С точки зрения морфологического описания, система может быть:

- гетерогенной системой - содержащей элементы разного типа, происхождения (подсистемы, не детализируемые на элементы с точки зрения выбранного подхода морфологического описания);
- гомогенной системой - т.е. содержать элементы только одного типа, происхождения;
- смешанной системой - с гетерогенными и гомогенными подсистемами.

Основные признаки системы:

- целостность, связность или относительная независимость от среды и систем (наиболее существенная количественная характеристика системы). С исчезновением связности исчезает и система, хотя элементы системы и даже некоторые отношения между ними могут быть сохранены;
- наличие подсистем и связей между ними или наличие структуры системы (наиболее существенная качественная характеристика системы). С исчезновением подсистем или связей между ними может исчезнуть и сама система;
- возможность обособления или абстрагирования от окружающей среды, т.е. относительная обособленность от тех факторов среды, которые в достаточной мере не влияют на достижение цели;
- связи с окружающей средой по обмену ресурсами;
- подчиненность всей организации системы некоторой цели (как это, впрочем, следует из определения системы);
- эмерджентность или несводимость свойств системы к свойствам элементов.

Целое всегда есть система, а целостность всегда присуща системе, проявляясь в системе в виде симметрии, повторяемости (цикличности), адаптируемости и саморегуляции, наличия и сохранении инвариантов.

"В организованной системе каждая часть или сторона дополняет собой другие и в этом смысле нужна для них как орган целого, имеющий особое значение" (Богданов А.А.).

Тема 1.3. «Методология системного анализа»