# Элементы системного анализа

Иногда может быть достаточно серьезного размышления над проблемой, чтобы найти верное в данный момент времени решение. Но существуют определенные компоненты, которые участвуют в принятии решения и их качество отражает действия лица принимающего решение (ЛПР). Независимо от того как принимается решение и в какой форме, следует, что в любом системном анализе присутствуют пять обязательных элементов:

* цель или ряд целей;
* альтернативные средства, с помощью которых может быть достигнута цель;
* затраты ресурсов, требуемых для каждой системы;
* логическая и математическая модели, т.е. система связей между целями, альтернативными средствами их достижения, окружающей средой и требованиями на ресурсы;
* критерий выбора предпочтительных альтернатив; с его помощью сопоставляются цели и затраты.

Всякая деятельность (движение, изменение, развитие и т.д.) является *целенаправленной* – направлена на достижение определенной цели.

## Цель

***Цель*** – это субъективный образ желаемого состояния объекта.

Цели имеют либо конкретную, либо расплывчатую формулировку. Поэтому различают два типа целей:

цель-результат – конкретная, измеримая цель (рис.4.1,а);

цель-направление – идеальная качественная цель (рис.4.1.,б).

а)

б)

Рис. 1. Цель-результат (а) и цель-направление (б)

Правильно сформулированные цели должны удовлетворять следующим основным требованиям:

*Конкретность* – при определении цели необходима точность отражения ее содержания, объема и времени. Удовлетворение цели может принести только конкретный результат, полученный с помощью конкретных средств в конкретных условиях.

*Измеримость* – цель должна быть представлена количественно или каким-либо другим способом для оценки степени ее достижения.

*Достижимость* – цели должны быть реальными, не выходящими за рамки возможностей исполнителей.

*Согласованность* – цели следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи.

*Приемлемость* – необходимо учитывать потребности, желания, традиции, сложившиеся в обществе ценности.

*Гибкость* – возможность внесения корректировки по мере происходящих в среде изменений.

Главной целью системного анализа является оказание помощи в понимании и решении имеющейся проблемы путем *перевода проблемы*, которая возникает при проектировании или управлении, в *задачу принятия решения* (задачу выбора), то есть *ведет к постановке задачи*. *Поставить задачу означает, прежде всего, понять ее условия*, что достигается путем выбора соответствующего представления (описания), то есть модели. При этом стремятся к наибольшей формализации представления, что уменьшает неполноту, избыточность и неоднозначность в понимании объекта.

Если удается формализовать исходную проблему, то есть свести ее к задаче, решение которой базируется на законах физики, химии и других фундаментальных областей знаний, или когда задача может быть поставлена в терминах конкретного класса прикладных задач, для которого разработан соответствующий математический аппарат, применять термин «проблема принятия решения» нет необходимости.

Задача принятия решения становится *проблемой*, когда для постановки задачи и ее решения не может быть сразу определен подходящий аппарат формализации – требуется разработка специальных подходов, приемов и методов. При этом процесс постановки задачи часто требует участия специалистов различных областей знаний.

В таких случаях возникает необходимость:

* определить область *проблемы принятия решения* (границы системы);
* выявить факторы, влияющие на ее решение (входы системы и внутренние факторы, влияющие на целевой выход);
* подобрать приемы и методы, которые позволяют сформулировать или поставить задачу таким образом, чтобы решение было принято.

Для решения задачи нужно определить взаимосвязь цели со средствами ее достижения. В данной задаче критерием достижения цели является время в пути, а средствами ее достижения:

* маршрут – оценивается длиной пути;
* транспорт – оценивается скоростью транспортного средства, в простейшем случае – средней скоростью.

В данном выражении, связывающего цель со средствами можно использовать закон движения: время в пути есть произведение расстояния на скорость. Если такое выражение получено, то проблема сведена к задаче принятия решения и варьируя показателями длины пути и скорости, можно получить и выбрать оптимальные вырианты достижения цели. При постановке рассматриваемой задачи могут быть учтены не только основные требования, отражаемые с помощью критерия, но и дополнительные, которые могут выступать в качестве ограничений. В данной задаче это могут быть затраты на создание, аренду или приобретение средств транспортировки грузов, особые требования к перевозке бьющихся грузов и т.д.

Иногда могут варьироваться не только *средства* достижения цели, *критерии* и *ограничения*, но и сами *цели*, если результат их достижения не приводит к удовлетворению потребностей лица, принимающего решения. Кроме того, в числе критериев могут быть и *принципиально неформализуемые*.

При решении задач проектирования, реорганизации или управления сложными системами требуется учитывать большое число факторов различной природы, являющихся предметом исследования различных областей знаний. В этих условиях один человек не способен ни поставить задачу, ни решить ее – проблема принятия решений становится проблемой коллективного выбора целей, критериев, средств и вариантов достижения цели, то есть *проблемой коллективного принятия решения*.

Принятие решений в системах управления (политике, экономике, в военной и других областях) часто связано с *дефицитом времени*: «лучше принять не самое хорошее решение, но в требуемый срок, так как в противном случае лучшее решение может уже и не понадобиться». Поэтому решение часто приходится принимать при не полностью определенной постановке задачи, в условиях дефицита информации о системе, ресурсах (средствах), ограничениях и целях.

Вот в этих проблемных ситуациях на помощь приходят системные представления, системный подход и методы системного анализа.

Системный анализ представляет собой широко применяемый методологический инструмент в области анализа, проектирования и совершенствования систем управления. При анализе и синтезе систем управления часто возникают трудноразрешимые проблемы. Решению таких проблем способствует использование методологии системного анализа, который позволяет четко сформулировать проблему и цель ее решения, используя понятие системы и методологию системного подхода.

### Трудности целепологания

Целенаправленно создавая систему, субъект должен заложить в нее желаемую концепцию развития, то есть осуществить *целепологание*.

В связи с этим возникает определенный ряд трудностей, который необходимо учитывать при формировании *целеориентированной* системы:

* ограничения целепологания;
* проблематика целепологания;
* неопределенность целепологания;
* опасность подмены целей средствами;
* влияние ценностей на цели;
* опасность смешения целей;
* множественность целей;
* изменение целей со временем.

***Ограничения целепологания***. Надо четко понимать, что выбор цели всегда *субъективен*. Но при решении любой реальной задачи возникают ограничения двух порядков:

* *Объективные* – законы природы, государства, ресурсные ограничения;
* *Субъективные* – ограниченность понимания действительности и система ценностей субъекта целепологания.

В системном анализе цель можно рассматривать с позиций субъекта и объекта исследования.

*Цель с позиции субъекта* определяет цель анализа, описания, проектирования (создания или реорганизации) и управления:

* *цель анализа объекта –* выявить наличие и место противоречий (проблемной ситуации), причин их возникновения и способов устранения;
* *цель описания объекта –* представить проблемную ситуацию в виде, удобном для анализа;
* *цель проектирования –* разрешить проблемную ситуацию с помощью нового объекта или реорганизации старого;
* *цель управления –* разрешить проблемную ситуацию путем удержания функционирования объекта в заданном состоянии или переводя его в новое состояние.

*Цель с позиции объекта* определяет цель его функционирования (существования), которая может быть заложена при его создании либо формироваться внутри него.

***Проблематика целепологания****.* Любая система не является изолированной – она связана с другими системами, в различной степени причастными к данной конкретной, решаемой на момент времени проблеме, и входит как часть в некую мегасистему. И сама система состоит из подсистем, имеющих свои потребности, желания, проблемы и цели. Поэтому решение проблемы в системе приведет к образованию совокупности проблем в окружающих систему объектах. Совокупность таких проблем можно назвать *проблематикой*.

Исследование любой проблемы следует начинать с расширения ее до проблематики. Необходимо определить перечень заинтересованных лиц:

* *заказчика*, который ставит проблему, заказывает и оплачивает системный анализ;
* *лиц, принимающих решения*, от полномочий которых непосредственно зависит решение проблемы;
* *участников*, как активных, то есть тех чьи действия потребуются при решении проблемы, так и пассивных – тех, на ком скажутся последствия решения проблемы;
* самого *системного аналитика и его сотрудников*, главным образом, для того чтобы предусмотреть возможность минимизации его влияния на остальных заинтересованных лиц;
* *лиц*, которые не заинтересованы в решении проблемы и будут сопротивляться возможным переменам.

Можно выделить три круга проблематики:

* внутренняя среда – подразделения организации, сотрудники;
* бизнес-окружение – микроэкономика, партнеры, клиенты, конкуренты, поставщики ресурсов, технологий, персонала;
* внешняя среда – макроэкономика, политика, социальная сфера, технологии, геология.

***Неопределенность целепологания****.* Цель всегда несет в себе элемент неопределенности и причина в слабой изученности свойств окружающей систему действительности, неполноте информации о ней, сложности в изучении проблематики. Сложности возникают, когда цель служит основой для планирования дальнейшей деятельности.

Трудности также вызывают средства используемые для реализации намеченной цели: структура, технологии, персонал. Будучи не опробованными в реальной действительности они, представляют собой идеальные средства, то есть средства, лишь мысленно подходящие для достижения целей. Но когда они становятся реальными средствами, то дают результат часто не совпадающий с запланированным.

***Опасность подмены целей средствами.*** Любая цель обладает двойственностью, являясь одновременно и целью, и средством для достижения вышестоящей цели. Пара «средство – цель» взаимосвязана, цель может быть средством для получения результата, и средство достижения цели необходимо иметь, получить, спроектировать, создать, то есть средство на некотором этапе становится целью. В связи с этим субъекту целеполагания бывает очень трудно разобраться, что же является конечной целью.

***Влияние ценностей на цели****.* На выбор целей субъекта существенное влияние оказывает общая идеология, система ценностей, которой он придерживается. Под *ценностями* обычно понимаются персональные или социальные предпочтения или приемлемость путей их достижения. В систему ценностей могут входить познавательные, моральные, экономические, политические, этические, материальные, либеральные, моральные, религиозные, экологические, политические ценности. К путям достижения цели относятся такие ценности как честность, пацифизм и др. Поэтому в ходе выявления цели надо учитывать систему ценностей лица, принимающего решения и остальных заинтересованных лиц.

***Опасность смешения целей****.* Такая ситуация возникает, когда узкопрофессиональные ценности превалируют над общественными, когда в решении проблем участвуют специалисты-профессионалы, навязывающие свое видение мира и тем самым подменяющие главные цели своими.

***Множественность целей****.* Чем выше уровень управления, тем больше целей, даже если текстуально они объединены одной формулировкой – «глобальная цель». Цели субъекта обладают внутренней неустранимой парадоксальностью:

* стремлением к стабильности и к развитию;
* к осуществлению своей индивидуальности и к принадлежности к коллективу;
* к познанию и в тоже время отбрасывает «лишнюю» или негативную информацию;
* к свободе, но боится ее бремени;
* к соблюдению этических норм. Но часто испытывает недобрые побуждения и т.д.

***Изменение целей со временем***. Цели могут изменяться как по мере изменения и понимания объекта, так и по мере появления и понимания новых средств решения проблем. Потребность в корректировке целей возникает и у заказчика, и у исполнителя, что иногда порождает конфликтные ситуации. При этом цели более высоких уровней долговечнее. В социальных системах цели высших уровней часто формулируются как интересы будущих поколений, сроки целей нижних уровней связаны с настоящими действиями и с действиями в ближайшем будущем.

## Альтернативы

Генерирование альтернатив является очень трудным и творческим этапом системного анализа. Его сущность заключается в поиске идей, подходов, предложений и рекомендаций, на множестве которых будет формироваться *базовый перечень допустимых вариантов решения исходной проблемы*, или *перечень допустимых альтернатив*. И если в этот перечень не попала наилучшая альтернатива, то никакие методы выбора, процедуры сравнения альтернатив не смогут ее «вычислить». В этой связи очень важно сгенерировать как можно больше альтернатив, большее число альтернатив обеспечит большую вероятность попадания наилучшей альтернативы в исходный перечень.

Этому требованию способствует:

* поиск идей в сети Интернет, патентных фондах, научной литературе и других информационных ресурсах;
* интервьюирование и анкетные опросы заинтересованных лиц;
* привлечение квалифицированных экспертов, имеющих различную подготовку, обладающих различным опытом и работающих в различных предметных областях;
* комбинирование имеющихся альтернатив и образование промежуточных вариантов (то есть не «либо-либо», а «кроме того, еще»);
* модификация альтернатив, то есть формирование альтернатив, лишь частично отличающихся от первоначальных;
* включение альтернатив, противоположных предложенным, в том числе и «нулевой» альтернативы, предлагающей естественное развитие событий без участия человека (не делать ничего);
* включение в рассмотрение альтернатив, которые на первый взгляд кажутся глупыми и надуманными;
* генерирование альтернатив, рассчитанных на различные интервалы времени (долгосрочные, краткосрочные, экстерные).

Альтернативы бывают зависимые и независимые.

*Независимые* – любые действия с которыми (удаления из рассмотрения, выявления в качестве единственно лучшей) не влияет на качество других альтернатив.

При *зависимых* – оценки одних из них оказывают влияние на качество других.

Наиболее простыми и очевидными являются непосредственная групповая зависимость. Если решено рассматривать хотя бы одну альтернативу из группы, то надо рассматривать и всю группу. Бывает альтернативы уже заданы – замкнутое нерасширяющееся множество альтернатив. Другой вариант – где все альтернативы или их значительная часть появляются после принятия основных решений. Хорошо зарекомендовали себя способы организационной поддержки процесса генерации альтернатив «мозговой штурм», морфологический метод и др.

## Ресурсы

***Ресурсы*** принято делить на природные, трудовые (человеческий капитал), капитальные (физический капитал), оборотные средства (материалы), информационные ресурсы, финансовые ресурсы (денежный капитал).

Для реализации выбранного пути достижения поставленной цели необходимы определенные ресурсы:

* рабочая сила;
* машины и оборудование;
* материалы, энергия и т.д.;
* деньги;
* информация.

Иногда помимо этих ресурсов в качестве самостоятельного ресурса выделяют время. Время связано с другими видами ресурсов и часто бывает производным от них.

Одним из основных условий распределения ресурсов является факт их ограниченности, что вызывает необходимость определения приоритетности выделения и использования ресурсов. Кроме того, необходимо учитывать дополнительные ограничения на особо дефицитные виды ресурсов.

Вопросы, которые необходимо решить при определении потребных ресурсов, можно сформулировать следующим образом:

* какой объем каждого вида ресурсов, в какой момент времени потребуется при заданных целях и выбранных стратегиях;
* кто будет потребителем этих ресурсов;
* каков оптимальный способ их создания или приобретения.

Если исследование показывает, что потребности в ресурсах удовлетворить невозможно, то приходится пересматривать цели и стратегии (альтернативы) до тех пор, пока не будет достигнута их обеспеченность ресурсами. Таким образом, задание целей, выбор стратегий и определение потребных ресурсов всегда взаимосвязаны. Пересмотр стратегий возможен и в случае, если обнаружится недоиспользование ресурсов.

## Модель

При решении задач создания, проектирования, фиксации объекта возникает потребность зафиксировать полученную информацию в виде некоторого образа (словесного, графического, образа и т.д.) В связи с этим очень важную роль играют модели и моделирование. Модель в широком понимании – это образ (в том числе условный или мысленный) какого-либо объекта или системы объектов, используемый при определенных условиях в качестве их «заместителя» или «представителя».

Почему необходимо использовать модели вместо объектов реального мира? Есть несколько причин:

* *Сложность реальных объектов*. Число факторов, относящихся к решаемой проблеме, велико и анализ этой совокупности выходит за пределы возможностей специалиста, решающего эту проблему. Поэтому особенно на начальной стадии и возникает потребность в упрощении ситуации с помощью модели, которая уменьшает число факторов до уровня восприимчивости специалиста.
* *Необходимость проведения экспериментов*. Существует много ситуаций, когда экспериментальное исследование объектов невозможно в силу ряда причин: опасно, вредно, ограниченность науки и техники.
* *Необходимость прогнозирования*. Модели, в отличие от оригиналов, позволяют с меньшими затратами дать прогноз развития ситуации в будущем и определить последствия принимаемых решений, когда есть возможность скорректировать действия.
* *Исследуемый объект* либо очень велик (модель Солнечной системы), либо очень мал (модель атома).
* *Процесс* протекает очень быстро (модель двигателя внутреннего сгорания), или очень медленно (геологические модели).
* *Исследование объекта* может привести к его разрушению (исследование поведения самолета в грозовом облаке, состояние человека в момент аварии автомобиля).

Но в свою очередь существует ряд субъективных факторов, влияющих на качество создаваемых моделей, которые необходимо учитывать.

*Избирательность*. Модель строится на основании наблюдений за объектом, но специалист, даже самый лучший, замечает свойства объекта избирательно. На это влияет множество причин, как-то образование, мировоззрение, опыт, настроение, самочувствие и т.д. В результате формируется не только искаженная модель, но и не отвечающая целям моделирования.

*Конструирование* – обратный аналог избирательности: мы начинаем видеть то, чего нет. Мы заполняем пробелы в информации о мире, чтобы он имел смысл, потому что мы мыслим конкретными образами, если мы видим из- за дерева голову собаки, то мысленно дорисовываем туловище и хвост. Длительная эволюция, из чувства безопасности, воспитала нас дополнять увиденные фрагменты до полного образа, поэтому получая неполную информацию об исследуемом объекте, мы заполняем информационные пробелы до полного образа, исходя из своего опыта. В результате может получится модель несоответствующая объекту-оригиналу.

*Искажение*. Мы строим модели окружающего мира, выделяя одни стороны за счет замалчивания других. Это лежит в основе творческих способностей и хорошо видно в творчестве поэтов, художников, композиторов, а также в болезнях. В меньшей мере, но это присуще и работникам не творческих профессий.

*Обобщения*. Используя обобщения субъект, взяв за основу один случай, стремится перенести эти данные на остальные похожие случаи, причем, если возникают противоречия, то как правило, он стремится модель втиснуть в рамки предлагаемых обстоятельств. И только видя, очевидные противоречия, через время, начинает выстраивать другую модель. То есть вначале всегда любую ситуацию человек рассматривает как типичную и распространяет извлеченные из нее выводы на все сходные, по его мнению, ситуации.

*Парадоксы* в моделировании:

* *Модель заведомо проще оригинала*. Всегда присутствует цель в работе и эта целевая избирательность отсекает ненужные на данный момент времени качества объекта. Но в процессе исследовательской работы нет уверенности, что отброшенные данные могут не понадобиться, или их отсутствие не исказит расчеты.
* Парадокс «одноразовой посуды» связан с тем, что *каждая модель создается под определенную исследовательскую задачу и не всегда применима к решению других*, какой бы привлекательной она ни была. Но здесь действует не только субъективные факторы, о которых сказано выше, но и экономическая составляющая, то есть стремление меньшими затратами добиться больших результатов, но это в науке не всегда оправдано и обосновано.

### Классификация моделей

***По целевому назначению****.* Человек в практической деятельности обычно решает две задачи – *экспертную* и *конструктивную*.

В *экспертной задаче* на основании имеющейся информации описывается прошлое, настоящее и предсказывается будущее. Суть *конструктивной задачи* заключается в том, чтобы создать нечто с заданными свойствами.

Для решения экспертных задач применяют так называемые *описательные* модели, а для конструктивных – *нормативные*.

*Описательные модели*(*дескриптивные, познавательные*) предназначены для описания свойств или поведения реальных существующих объектов. Они являются формой представления знаний о действительности.

Можно выделить цели описательного моделирования в зависимости от решаемых задач:

* *изучение объекта* (научные исследования) – наиболее полно и точно отразить свойства объекта;
* *управление –* наиболее точно отразить свойства объекта в рабочем диапазоне изменения его параметров;
* *прогнозирование –* построить модель, способную наиболее точно прогнозировать поведение объекта в будущем;
* *обучение –* отразить в модели изучаемые свойства объекта.

Построение описательной модели происходит по схеме: *наблюдение* за объектом, *кодирование* наблюдений с помощью слов, символов, графических образов и *фиксации* закодированных результатов в виде модели.

*Нормативные модели* (*прескриптивные, прагматические*) предназначены для указания целей деятельности и определенного порядка (алгоритма) действий для их достижения. Они решают задачи *приближения реальности к модели*, поскольку модель играет роль стандарта или образца, под который подгоняется сама действительность, ее результаты.

***По характеру выполняемых функций.*** Можно выделить следующие функции, выполняемые моделями:

* *исследовательская* – применяется в научном познании;
* *практическая* – применяется в практической деятельности (проектировании, управлении и т.д.);
* *тренинговая* – используется для тренировки практических умений и навыков специалистов в различных областях;
* *обучения* – для формирования у обучаемых знаний, умений и навыков.

По форме представления. Модели по форме бывают:

* *физические* – материальные объекты, имеющие сходство с оригиналом (модель самолета, которая исследуется в аэродинамической трубе; модель плотины);
* *словесные* (вербальные) – словесное описание чего-либо (структура предприятия, принцип работы устройства, внешность человека);
* *графические* – описание в виде графических изображений (схемы, карты, графики, диаграммы);
* *знаковые* – описание в виде символов и знаков (дорожные знаки, условные обозначения на схемах, математические соотношения. Разновидностью знаковых моделей являются *математические* *модели* (или *математическое описание*).

***Классификация видов моделирования.*** Применительно к социально-экономическим системам можно предложить такую классификацию видов моделирования:

* *концептуальное моделирование*, при котором с помощью некоторых специальных знаков, символов, операций над ними или с помощью естественного или искусственного языков истолковывается основная мысль (концепция) относительно исследуемого объекта;
* *интуитивное моделирование,* которое сводится к мысленному эксперименту на основе практического опыта работников (широко применяется в экономике);
* *физическое моделирование,* при котором модель и моделируемый объект представляют собой реальные объекты или процессы единой или различной физической природы, причем между процессами в объекте-оригинале и в модели выполняются некоторые соотношения подобия, вытекающие из схожести физических явлений;
* *структурно-функциональное моделирование, при котором моделями* являются схемы (блок-схемы), графики, чертежи, диаграммы, таблицы, рисунки, дополненные специальными правилами их объединения и преобразования;
* *математическое (логико-математическое) моделирование*, при котором моделирование, включая построение модели, осуществляется средствами математики и логики;
* *имитационное (программное) моделирование*, при котором логико-математическая модель исследуемого объекта представляет собой алгоритм функционирования объекта, реализуемый в виде программного комплекса для компьютера. Следует добавить несколько слов о *компьютерном моделировании*, являющемся развитием имитационного моделирования. Компьютер может быть полезен при всех видах моделирования (за исключением физического моделирования, где компьютер тоже может использоваться, но, скорее, для целей управления процессом моделирования). Предметом компьютерного моделирования могут быть: экономическая деятельность фирмы или банка, промышленное предприятие, информационно-вычислительная сеть, технологический процесс, любой реальный объект или процесс. Цели компьютерного моделирования могут быть различными, однако наиболее часто моделирование является центральной процедурой системного анализа.

## Критерии

Для того чтобы правильно сделать выбор в пользу того или иного способа разрешения проблемы, необходимо иметь средства для сравнения допустимых альтернатив. В качестве такого средства выступают *критерии*. В данном случае под критерием понимают любой способ сравнения альтернатив. Это значит, что критерием качества альтернативы может служить любой ее признак, значение которого можно зафиксировать как минимум в порядковой шкале. После того как такая характеристика будет найдена (критерий определен), появляется возможность ставить задачи выбора и оптимизации.

Критерии бывают *зависимые* и *независимые*.

Зависимые, если предпочтения ЛПР при сравнение альтернатив меняются в зависимости от значений одинаковых оценок по второй группе критериев. При покупке автомобиля- 3 критерия: цена, размер и коробка передач. По 3-ему одинаковы, - зависимые. Определение значения критерия для данной альтернативы, по существу, является косвенным измерением степени ее пригодности как средства достижения цели.

На сложность задач при принятии решений влияет количество критериев. Многокритериальность реальных задач связана не только с множественностью целей, но и с тем, что одну цель редко удается выразить одним критерием. Поскольку, с одной стороны, многокритериальность является способом повышения адекватности описания цели, а с другой – повышает сложность решения задачи, то необходимо заботиться о *минимизации* числа используемых критериев при достаточно полном «покрытии» цели. Это означает, что *критерии должны описывать все важные аспекты цели*, но при этом критериев должно быть немного. Это условие выполняется в том случае, если критерии являются независимыми и не связанными друг с другом. Их объединяют в группы, имеющие смысловые значения и названия ( стоимость и эффективность) и выделяют их «+» «-». Группы, как правило, независимы.

Для обеспечения полноты цели полезной является представление формальной модели проблемной ситуации, включающей три взаимодействующие компоненты:

* проблемосодержащую систему, в которой существующая ситуация воспринимается как проблема;
* проблеморазрешающую систему, которая может так повлиять на ход событий, что проблема исчезнет полностью или ослабеет;
* окружающую среду, в которой существуют и с которой взаимодействуют обе системы.

Характер целей для трех составных компонентов проблемной ситуации различен: для проблемосодержащей системы это *цели достижения* (главное разрешить проблему); цели проблеморазрешающей системы связаны с *рациональным расходованием ресурсов* на решение проблемы (главное – экономично решить проблему); а цели внешней среды носят пассивный, но *обязательный* характер (главное – не предпринимать ничего, что противоречило бы законам природы). Так возникает *структуризация критериев*:

* критерии эффективности (целевые критерии), подлежащие оптимизации;
* критерии ограничения и;
* критерии сохранения, требующие соблюдения постоянства.

Целевые критерии предоставляют возможности для выдвижения все новых и новых альтернатив в поисках наилучшей, а критерии-ограничения и критерии-сохранения, запрещая некоторые из альтернатив, заведомо уменьшают их число.

Одними целевыми критериями можно жертвовать ради других, а критерии-ограничения и критерии-сохранения исключить нельзя – они должны строго соблюдаться. Расширение спектра целевых критериев усложняет работу специалиста, а расширение спектра критериев-ограничений и критериев-сохранений упрощает его работу.

Для упорядочения критериев в системном анализе используют *измерение*, которое формируется в виде *измерительных шкал*.

Измерительные шкалы в зависимости от допустимых на них операций различаются по их силе. Самые слабые – номинальные шкалы, а самые сильные – абсолютные. Три основных атрибута измерительных шкал, определяющих принадлежность шкалы к той или иной категории:

* *упорядоченность* данных означает, что один пункт шкалы, соответствующий измеряемому свойству, больше, меньше или равен другому пункту;
* *интервальность* данных означает, что интервал между любой парой чисел, соответствующих измеряемым свойствам, больше, меньше или равен интервалу между другой парой чисел;
* *нулевая точка* (или точка отсчета) означает, что набор чисел, соответствующих измеряемым свойствам, имеет точку отсчета, обозначенную за нуль, что соответствует полному отсутствию измеряемого свойства.

Выделяют следующие группы шкал:

* неметрические или качественные шкалы, в которых отсутствуют единицы измерений (номинальная и порядковая шкалы);
* количественные или метрические (шкала интервалов, шкала отношений и абсолютная шкала).

Типы шкал:

Шкала *наименований* (*номинальная* или *классификационная*) представляет собой конечный набор обозначений *для никак не связанных между собой состояний (свойств) объекта*. Это самая простая шкала, используемая с целью отличить один объект от другого.

При обработке данных, зафиксированных в номинальной шкале, непосредственно с самими данными можно выполнять только *операцию проверки их совпадения или несовпадения*.

Шкала *порядка* (*ординальная, ранговая*) применяется в тех случаях, когда наблюдаемый (измеряемый) признак состояния имеет природу, не только позволяющую отождествить состояния с одним из классов эквивалентности, но и дающую возможность в каком-то отношении сравнить разные классы. В ней присутствует упорядоченность, но отсутствуют атрибуты интервальности и нулевой точки. Оценки упорядочены по возрастанию или убыванию предпочтений ЛПР (лицо принимающее решение): очень чистый, вполне удовлетворительно, экологически загрязнено.

Шкала *интервалов* (*интервальная шкала*) имеет равные расстояния по измерению качества между оценками (доп.прибыль - 1 млн., 2, 3 и т.д.) Шкалы могут иметь произвольные начала отсчета и шаг отсчета тоже.

Шкала *разностей*. Частным случаем интервальных шкал являются *циклические (периодические*) шкалы, шкалы, *инвариантные к сдвигу*. В такой шкале значение не изменяется при любом числе сдвигов (перевод часов на летнее время и обратно на зимнее).

Шкала *отношений* (*подобий*) позволяет выполнять с числами любые арифметические действия, здесь присутствуют все атрибуты измерительных шкал: упорядоченность, интервальность, нулевая точка. Величины, измеряемые в шкале отношений, имеют естественный, абсолютный нуль, хотя остается свобода в выборе единиц. Из шкалы видно, во сколько раз свойство одного объекта превосходит такое же свойство другого объекта.

*Абсолютная* шкала имеет и абсолютный нуль и абсолютную единицу, благодаря этой особенности она в виде числовой оси используется как измерительная шкала в явной форме при счете предметов, а как вспомогательное средство присутствует во всех остальных шкалах.

Чаще используются шкалы интервалов и отношений.

# Этапы системного анализа

1. **Постановка задачи.**  На этом этапе определяется следующее:

1) существует ли проблема;

2) точно формулируется проблема;

3) проводится анализ логической структуры проблемы;

4) развитие проблемы в прошлом, состояние сегодня и в будущем;

5) внешние связи проблемы;

6) принципиальная ее разрешимость.

Вопрос о том, существует ли проблема, имеет первостепенное значение, поскольку приложение огромных усилий к решению несуществующих проблем отнюдь не исключение, а весьма типичный случай. Надуманные проблемы маскируют актуальные проблемы. Правильное и точное формулирование проблемы является первым и необходимым этапом системного исследования и, как известно, может быть равносильно половине решения проблемы.

Любая проблема, как правило, возникает по двум причинам:

* острая конфликтная ситуация, возникшая в результате противоречий между участниками организации, качеством и технологией, оплатой труда и компетентностью работника и т.д. Это **«проблемы функционирования»**. Они являются следствием неудовлетворительного управления. Необходим отлаженный механизм их разрешения, упреждения.
* развитие системы вызывает «проблемы роста». Они связаны с социально-экономическими, политическими и др. изменениями в инфраструктуре системы.

**Методы (данного этапа):** метод сценариев, диагностический, деревьев целей, экономического анализа.

Если проблемы своевременно не решать, то со временем они превращаются в препятствие. Поэтому правильное и точное формулирование проблемы является первым и обязательным шагом любого системного исследования.

1. **Формулировка целей и критериев.**

Определение целей, требований надсистемы; определение целей и ограничений среды; формулирование общей цели; определение критерия; композиция общего критерия из критериев подсистем.

Формирование целей системы начинается с целей надсистемы, в качестве которой, например, для предприятия можно рассматривать ФПГ, концерн, регион, Россию в целом. Если не учитывать цели надсистемы, то не выполняются требования именно системного проектирования. Кроме того, достижимость целей напрямую связана с непротиворечивостью интересов всех участников системы и внешней среды, что поднимает вопрос о необходимости формирования блока совместных целей и совместных ценностей организации, в основе которой лежат цели надсистемы.

**Методы:** экспертных оценок («Дельфи»), SWOT-анализ, деревьев целей, экономического анализа, морфологический, кибернетические модели, нормативные операционные модели (оптимизационные, имитационные).

1. **Декомпозиция цели, определение потребностей в ресурсах.**

На этом этапе происходит формулирование целей верхнего ранга, текущих процессов, эффективности, целей развития; декомпозиция целей и критериев по подсистемам; оценка обеспеченности ресурсами и их стоимость; определение взаимозависимостей целей по выделенным подсистемам; определение критериев важности по каждой подцели.

**Методы:** деревьев целей, сетевые, метод моделирования (описательные модели).

1. **Оценка состояния внешней среды.**

Основные факторы, обусловливающие кризисные ситуации на предприятии, зарождаются, как правило, во внешней среде, откуда организация черпает необходимые ресурсы.

Данный этап тесно связан с последующим выявлением альтернативных средств, что требует наиболее объективного подхода к оценке существующего и прогнозируемого состояния факторов внешней среды.

Анализ факторов внешней среды обеспечивает выявление всех неуправляемых факторов, оказывающих существенное влияние на выбор альтернатив решения проблемы.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. Законодательные 2. Рыночные 3. Конкурентные | 1. Экономические 2. Технологические 3. Политические | 1. Социальные 2. Международные |

**Методы:** сценариев, экспертных оценок, сетевые методы, SWOT-анализ, морфологический анализ.

**V. Выявление альтернатив достижения цели.**  Это процесс поиска и выбора наилучших путей достижения целей. Эффективность СА, как правило, прямо пропорциональна количеству возможных альтернатив. Их сопоставление дает возможность более рационального отбора предпочтительной и (или) их комбинирования по различным фрагментам. Выбор предпочтительной альтернативы осуществляется на основе возможностей организации (кадры, техника, материалы, финансы и пр.).

Для экономических систем выбор предпочтительной альтернативы осуществляется по следующим параметрам:

* **Соответствие ее состоянию и требованиям окружающей среды**, то есть устанавливается насколько она соответствует требованиям всех внешних субъектов организации.
* **Соответствие альтернативы потенциалу и возможностям организации**, то есть имеет ли организация в наличии ресурсы для реализации альтернативы и каковы возможности обеспеченности ими исполнения будущей деятельности.
* **Приемлемость риска, заложенного в альтернативе.** Управление любой деятельностью всегда осуществляется в «поле» допустимого риска». Но иногда стремление к прорыву по какому-либо направлению требует выйти за границу допустимого риска, но это часто чревато. Оценки оправданности риска осуществляются путем определения степени реалистичности предпосылок, заложенных в альтернативе, величины потерь в случае провала и ответа на вопрос, оправдывает ли выигрыш в случае риска затраты на реализацию альтернативы.

**Методы:** экспертных оценок, «мозгового штурма», матричные, экономического анализа.

**VI. Оценка целей и средств.**  Эта работа осуществляется путем разработки моделей и проигрывания на них отдельных альтернатив.

То есть модель дает возможность установить с достаточной точностью, что произойдет с каждым возможным входом на любом этапе прохождения его через систему (имитационная модель), или описать каждую ответную реакцию системы. Общая модель такого класса – «черный ящик», когда на вход модели подаются соответствующие параметры, а на выходе измеряются результаты, сопоставляя которые можно сделать соответствующие оценки предлагаемых альтернатив.

На этом этапе производится:

**1)** вычисление оценок по критерию;

**2)** оценка взаимозависимостей между целями;

**3)** оценка относительной важности целей (устанавливаются коэффициенты относительной важности);

**4)** оценка дефицитности и стоимости ресурсов;

**5)** оценка влияния внешних факторов;

**6)** вычисление комплексных расчетных коэффициентов относительной важности по каждому направлению (ветки дерева целей).

**Влияние внешних факторов.** Оценка уровня соответствия результатов предполагаемых действий поставленным целям еще не может быть основой выбора наилучшей альтернативы, так как не всегда удается установить характер поведения внешней среды, поэтому при оценке той или иной альтернативы необходимо рассмотреть три варианта поведения внешней среды.

1. Оптимистический – когда элементы внешней среды будут действовать в заранее предлагаемом направлении ( все будет работать на пользу выбранного варианта);
2. Пессимистический – когда элементы внешней среды будут действовать в противоположном альтернативе направлении (все будет работать против выбранного варианта).
3. Вероятностный – когда поведение внешней среды определяется наличием информации, экспертными оценками, а иногда и интуицией разработчиков альтернатив.

**Методы:** экспертных оценок (поскольку СА, как правило, имеет дело с неструктуризованными или слабо структуризованными проблемами, то получение оценок специалистов и их обработка представляются необходимым этапом СА большинства проблем); морфологический, экономического анализа; кибернетические, имитационные, оптимизационные модели.

**VII. Выявление возможных последствий** реализации выбранной альтернативы.

Это этап выработки прогноза, для чего строится модель прогноза состояния системы и параметров окружающей среды.

Реализация любой альтернативы может привести к результатам, связанным и несвязанным с достижением поставленной цели. Результат реализации альтернативы – это многомерное явление, то есть он состоит из многих качественно различных параметров, которые через различные внутренние и внешние связи взаимно определяют состояния друг друга. А поэтому прогнозирование последствий – это должно быть как можно более объективное определение этих взаимозависимостей между параметрами реализуемой альтернативы.

Наиболее распространенным методом прогноза является экстраполирование изменения параметров системы (изменение параметров в будущем исходя из известных тенденций этих изменений в прошедшем периоде).

То есть, при выявлении возможных последствий реализации выбранной альтернативы необходимо провести анализ устойчивых тенденций развития системы; прогноз развития и изменения окружающей среды; предсказать появление новых факторов, оказывающих влияние на развитие системы; анализ обеспеченности ресурсами в будущем; анализ возможных изменений целей и критериев.

**Методы:** сценариев, экспертных оценок («Дельфи»), сетевые, экономического анализа, статистический, моделирования.

**VIII. Структуризация проектируемой системы.** Исходной базой этой стадии являются цели и задачи, сгруппированные по функциональным подсистемам (блокам, модулям), так как для каждой подсистемы необходимо определить ведущее подразделение (действующий функциональный отдел). Определение основных функциональных подсистем основывается на достижении конечных целей в области производственных, научно-технических, экономических и социальных целей, входящих в общее дерево целей альтернативы.

**Методы:** деревьев целей, матричные, сетевые методы, кибернетические модели.

**IX. Диагноз существующей системы.**

Проблемы управления, требующие применения СА, возникают в реально функционирующих производственных системах. Поэтому, когда уже выполнены предыдущие этапы и осуществляется практическая реализация выбранной альтернативы, всегда у руководства будет возникать вопрос: «Каково состояние выполнения программы?». Для ответа на него возникает необходимость в диагностическом анализе работы органов управления, направленном на выявление их возможностей, устранение недостатков, диспропорций («узких мест»), а также на лучшее ориентирование системы на достижение поставленных целей.

На этом этапе смотрят состояние выполнения программы. Выявление актуальных проблем развития системы и ближайших целей – это предмет диагностического обследования и анализа состояния органов управления реализующих альтернативу.

Производится: моделирование экономического и технологического процессов; расчет потенциальной и фактической мощностей; анализ потерь мощностей; выявление недостатков организации производства и управления.

Порядок диагноза: обнаружить отклонение от заданной программы или неудовлетворительное состояние процесса исполнения; определить причину появления этих факторов; принять решение об изменениях программы, состава органов управления; реализовать намеченные изменения.

Первый шаг диагноза - типичный и своевременный учет отклонений, его цель – установить величину отклонений. После этого проводится диагностика отклонений – определяются причины и разрабатываются меры по устранению.

**Методы:** диагностические, матричные, экономического анализа, кибернетические модели.

**X. Построение программы реализации выбранной альтернативы.**

Этап формирования программы включает следующие работы:

1. Формирование мероприятий, проектов.
2. Определение очередности выполнения мероприятий.
3. Распределение сфер деятельности.
4. Распределение сфер компетенции.
5. Разработка плана мероприятий в рамках ограниченных ресурсов и времени.
6. Распределение мероприятий по подразделениям и исполнителям.

**Методы:** матричные, сетевые, экономического анализа, описательные модели, нормативные операционные модели.

**XI. Реализация программы и контроль исполнения.** Организация исполнения альтернативы представляет собой определенную систему, которая включает уяснение и детализацию альтернативы; подбор и расстановку исполнителей, их инструктаж и обучение; обеспечение нормальной работы исполнителей; контроль за исполнителями и учет результатов их работы, корректировку программы, регулирование и координацию работы в целом.

Контроль является самой продолжительной стадией управления, так как осуществляется с этапа постановки задачи и кончается завершением реализации программ и подведения итогов. При правильной организации системы контроля исполнения субъект реализует следующие цели:

* получает сведения о ходе выполнения заданий, чтобы своевременно обеспечить выполнение упреждающих корректирующих действий;
* убеждается в эффективности распоряжения с тем, чтобы произвести корректировку при выявлении отклонений;
* побуждает работников к эффективному выполнению задания.

**Примечание.** **Неформальные методы**: метод сценариев, метод экспертных оценок («Дельфи»), диагностические методы; **графические методы**: метод деревьев целей, матричные методы, сетевые методы**; количественные методы**: методы экономического анализа, морфологические методы, статистические методы; **методы моделирования:** кибернетические модели, описательные модели, нормативные операционные модели (оптимизационные, имитационные, игровые).

# Практическое задание

Системный анализ — это совокупность определенных научных методов и приемов решения различных проблем на основе системного подхода. Можно сказать, что системный подход — это представление объекта исследования в виде системы.

Определение наилучшего решения проблемы начинается с определения и упорядочения целей деятельности системы, при функционировании которой возникла данная проблема. Системность подхода здесь в том, что устанавливается соответствие между этими целями, возможными путями решения возникшей проблемы и потребными для этого ресурсами.

С помощью системы представляется возможным охватить проблему со всех сторон. Разбивая ее на составные части, уже можно конкретно ставить перед собой задачи, которые в совокупности с закрепленными за ними ресурсами приведут к решению подпроблем. Разобравшись с подцелями, мы получаем решенную проблему.

Целью практической работы - анализ и решение выбранной актуальной для студента проблеме**.**

Для достижения поставленной цели следует решить следующие задачи:

* Описать систему, в которой возникла проблема, охарактеризуем проблему;
* Построить дерево целей для решения проблемы;
* Построить дерево решений для реализации мероприятий;
* Составить сетевой график реализации мероприятий.