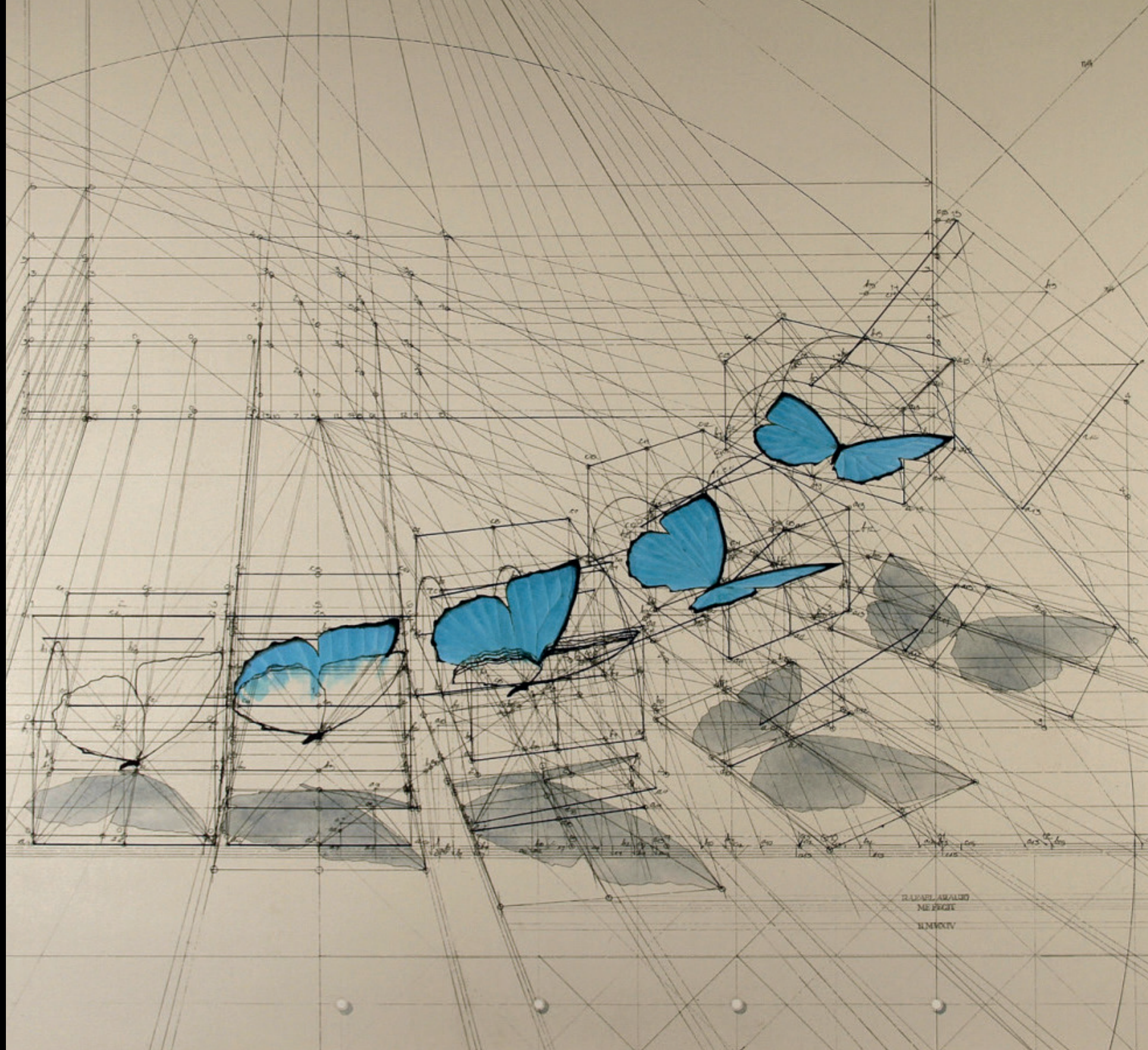


System Lab



Лаборатория системного анализа

www.system-laboratory.ru

Системный подход и системный анализ

Общие принципы и методология

Содержание

Системный анализ 6

Концепция деятельности 13

Первое определение системы 16

Второе и третье определения системы 21

Четвертое определение системы 22

Пятое определение системы 23

Выбор определения системы 24

Жизненный цикл систем 26

Многоуровневая иерархическая система управления 30

Проблемная ситуация в контексте системного подхода 35

Проблема принятия решения 36

Неопределенность 38

Системный анализ и исследование операций 39

Моделирование 47

Методы организации системного анализа 50

Исследование операций 52

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

научно-методологическое направление, которое занимается разработкой и применением методов решения слабо-структурированных проблем с большой начальной неопределенностью и исследующее процессы целеобразования и средств работы с целевыми показателями

СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

методология, которая базируется на системном подходе и охватывает все технические мероприятия по созданию инженерных систем и системных решений на протяжении их жизненного цикла.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

научное направление, которое занимается разработкой и применением методов оптимизации на основе математического моделирования и различных эвристических подходов

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Системный анализ ориентирован на практическую деятельность в ходе которой возникает множество проблемных ситуаций. Для решения конкретных проблем, нужны специальные глубокие знания. Однако достаточно часто, знаний и опыта специалистов конкретной профессиональной области недостаточно для выработки эффективного решения. Требуется междисциплинарный подход, который эффективно объединит и сконцентрирует усилия междисциплинарной группы специалистов на решении конкретной проблемы.

Системный анализ нацелен на выявление причин сложностей, возникающих перед организациями, коллективами и на выработку вариантов решения проблемы. Он опирается на широкий круг современных средств научных исследований — моделирования, математики, информатики, наблюдений, экспериментов. Особое внимание обращено на методологию исследований и взаимодействия специалистов различных дисциплин. С практической стороны системный анализ есть теория и практика улучшающего вмешательства в проблемные ситуации.

Почти все методы исследования исходят из четко сформулированной заранее задачи. Системный анализ решает вопросы, как правильно ставить задачи, какие методы исследования использовать. Главное в системном анализе — как сложное превратить в простое, как сложную проблему превратить в четкую серию задач, имеющих метод решения. Системный анализ всегда конкретен. Он имеет дело с определенным объектом и с конкретной проблемой. Сила системного метода в анализе именно сложных проблем заключается в том, что он позволяет, с одной стороны, разложить слишком сложную для решения проблему на ее составляющие вплоть до постановки конкретных, имеющих отработанные методы решения задач, а с другой — удерживать их вместе в качестве единого целого.

Метод системного анализа как раз и есть метод структуризации, упорядочения проблем. Системный анализ применяется для того, чтобы поначалу хотя бы слабо структуризовать неструктурированную, смутно определенную проблему, а затем собрать новую дополнительную информацию о ней, установить взаимосвязи составляющих, дать, где это только возможно, количественные оценки, хотя бы субъективные, экспертные и перевести проблему в разряд структуризованных, к решению которых уже можно приложить аппарат математического моделирования и выбора оптимальных решений.

Системный анализ опирается на широкий круг современных средств научных исследований — моделирования, математики, информатики, наблюдений, экспериментов. Особое внимание обращено на методологию исследований и взаимодействия специалистов различных дисциплин.

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Специфика и особенности системного анализа:

1. Опирается на понятия теории систем и системно-структурные методы описания объекта исследования.
2. Нацелен на решение конкретной практической проблемы, учитывая её уникальную специфику.
3. Применяется в тех случаях, когда проблема не может быть сразу представлена с помощью формальных, математических методов, т.е. имеет место большая начальная неопределенность проблемной ситуации.
4. Уделяет внимание процессу постановки задачи.
5. Использует методы количественного и качественного анализа;
6. Для решения проблем использует знания специалистов разных профессий. Помогает организовать процесс коллективного принятия решения, объединяя специалистов различных областей знаний. Помогает использовать опыт и интуицию как специалистов, непосредственно столкнувшихся с проблемой, так и сторонних экспертов;
7. Требуется разработки методики системного анализа, определяющей последовательность этапов проведения анализа и методы их выполнения, объединяя разные методы и специалистов различных областей знаний.
8. Исследует процессы постановки целей и разработки средств работы с целями.
9. В качестве метода использует декомпозицию большой неопределенности на более обозримые, лучше поддающиеся исследованию, при сохранении целостного представления об объекте исследования и проблемной ситуации.

Понятийным аппаратом системного исследования является теория систем, которая рассматривает то общее, что свойственно любым системам. В понятийном аппарате теории систем находят воплощение выработанные практикой и обобщенные наукой общие правила мышления и человеческой деятельности, которые и составляют свойства систем.

Ключевые термины, которые используются в системном анализе:

- Система;
- Проблема;
- Модель.
- Методология.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Центральной концепцией теории систем и системного подхода в целом, является понятие системы. Многие авторы анализировали это понятие, развивали определения системы до различной степени формализации. Определение — это языковая модель системы, и, следовательно, различия целей и требований к модели приводят к разным определениям. В научной литературе имеется множество определений системы, относящихся как к общим системам, так и к конкретным системам различных классов. В соответствии с различными классами задач научной, инженерной, социальной или экономической деятельности можно выделить три точки зрения на определение системы:

- система рассматривается как взаимосвязанный комплекс материальных объектов — такой подход удобен при исследовании природных объектов или процессов материального производства;
- система рассматривается как бы состоящей из двух частей: она включает, с одной стороны, набор материальных объектов, а с другой — информацию об их состояниях. Такой подход принят в описании процессов управления материальным производством;
- система рассматривается в чисто информационном аспекте, то есть как некоторый комплекс отношений (связей, информации). Такой подход используется в задачах, связанных с социально-экономическими отношениями и процессами управления.

На высшем уровне абстракции, на котором обобщаются свойства всех систем, можно дать два взаимно дополняющих определения системы, которые будут соответствовать двум важнейшим сторонам человеческой деятельности — познания действительности и её обратного воздействия:

- система есть отражение в сознании субъектом свойств объектов и их отношений в решении задачи исследования, познания;
- система есть способ использования субъектом свойств объектов отношений между ними в решении задачи проектирования, эксплуатации или управления.

РАЗВИТИЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Системный анализ — развитие системного подхода и теории систем. Основоположником теории систем принято считать биолога Л. Фон Берталанфи, который в 30-е годы XX века ввел понятие открытой системы и сформулировал основные идеи и закономерности обобщающего направления. Важный вклад в становление системных представлений внес в тот же период времени Богданов А. А.

Параллельно с развитием теории систем, развивались родственные направления, такие как системология, системная инженерия, синергетика, исследование операций и другие. Для обобщения дисциплин, связанных с исследованием и проектированием сложных систем, широко используется термин «Системный подход» или «Системные исследования».

Системный анализ, который впервые появился в работах корпорации RAND (США) в 50–60-е годы для решения задач военного управления. Первая работа была посвящена выбору технико-экономических характеристик бомбардировщиков дальней авиации и балансу размещения баз ВВС. В СССР издана эта работа издана в 1969 году с комментариями военных специалистов.

В дальнейшем, направление было адаптировано для нужд промышленности. Одной из первых работ в этой области, была книга Оптнера «Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем». После перевода, эта работа широко использовалась в работах Центрального экономико-математического института в СССР, в работах томской школы системных исследований. В 80-х гг. дисциплина «Системный анализ» была включена в учебные планы ряда ВУЗов. В 1976 г. был создан Всесоюзный Научно-Исследовательский Институт Системных Исследований под эгидой Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике и АН СССР, в настоящее время это Институт системного анализа РАН.

Среди отечественных специалистов, можно отметить Н. Н. Моисеева, Ю. И. Черняка, Е. П. Голубкова, В. Н. Сгатовского, Ф. И. Перегудова, Г. П. Щедровицкого, и ряд других специалистов. Сложился также и различный уклон в методологии системного анализа. Разные специалисты, выделяли различные аспекты системного анализа. Сложился большой спектр дополняющих друг друга подходов от математического до философского.

СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Системная инженерия — это развитие системного подхода в области создания технических систем. Первая работа по этой теме — книга «System Engineering» Г. Х. Гуда и Р. Э. Макола. Авторы рассматривали системную инженерию как дисциплину по управлению созданием сложных технических систем. Они описали признаки сложных технических систем, возникающие организационные и управленческие проблемы при создании инженерных объектов.

В 1961–62 г. в СССР вышел перевод этой книги. В редакции издательства «Советское радио» перевод «системная инженерия» заменили на «системотехника». Автор этого термина — профессор Ф. Е. Темников. Первая в СССР кафедра системотехники организована в Московском энергетическом институте (МЭИ) в 1969 году. Постепенно подобные кафедры возникли в нескольких технических вузах страны.

Сегодня дисциплина развивается как направление по управлению созданием сложных инженерных объектов. В русскоязычных источниках встречаются понятия «Системная инженерия», «Системный инжиниринг», «Прикладной системный инжиниринг» и.т.д.

В нашей стране, инструменты системной инженерии внедряют на крупных высокотехнологичных предприятиях.

Например, методологию используют при создании АЭС. Адаптирован и введен международный стандарт ГОСТ Р ИСО/15288–2005 «Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем».

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Методы исследования операций применяются в тех случаях, когда требуется организовать какое-то целенаправленное мероприятие, выбрать некоторое решение из ряда возможных вариантов. Причем каждый из вариантов обладает некоторыми преимуществами и недостатками, а в силу сложившейся ситуации, сразу не ясно, какой из вариантов предпочтительнее и почему.

Цель исследования операций — предварительное количественное обоснование оптимальных решений с опорой на показатель эффективности. Само принятие решения выходит за рамки исследования операций и относится к компетенции ответственного лица (лиц) принимающего решение (ЛПР).

Методы исследования операций эффективны в отношении хорошо структурированных проблем. Хорошо структурируемые (или хорошо формализуемые) проблемы (задачи) допускают количественную формулировку, их наиболее существенные зависимости выражаются объективными моделями и представляются в символьной форме, где символы принимают числовые значения.

Исследование операций, как научное направление, было создано в годы второй мировой войны с участием ученых-математиков и широко применялось для планирования военных операций. Использовалось для планирования действий бомбардировочной авиации США и Великобритании. По окончании Второй мировой войны, возникает тенденция к применению методов исследования операций в коммерции, а также при реорганизации производства, перевода промышленности на мирные рельсы.

Классические работы 50–70-х гг. в этой области принадлежат ученым Данцигу Дж. Акофу, Черчмену, Арнофу и ряду других авторов. Исследование операций как дисциплина тесно развивалась в одном ряду с кибернетикой, теорией систем, системным анализом, теорией управления, теорией принятия решений. В СССР наиболее известными учеными в области исследования операций были Канторович Л. В., Брусленко Н. П., Гнеденко В. Г. Вентцель Е. С. Академик Канторович, удостоен Нобелевской премии по экономике 1975 г. за работу «Теория оптимального распределения ресурсов», в 1965 году удостоен Ленинской премии. С 1976 года работал во ВНИИСИ ГКНТ и АН СССР, ныне Институт системного анализа РАН.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

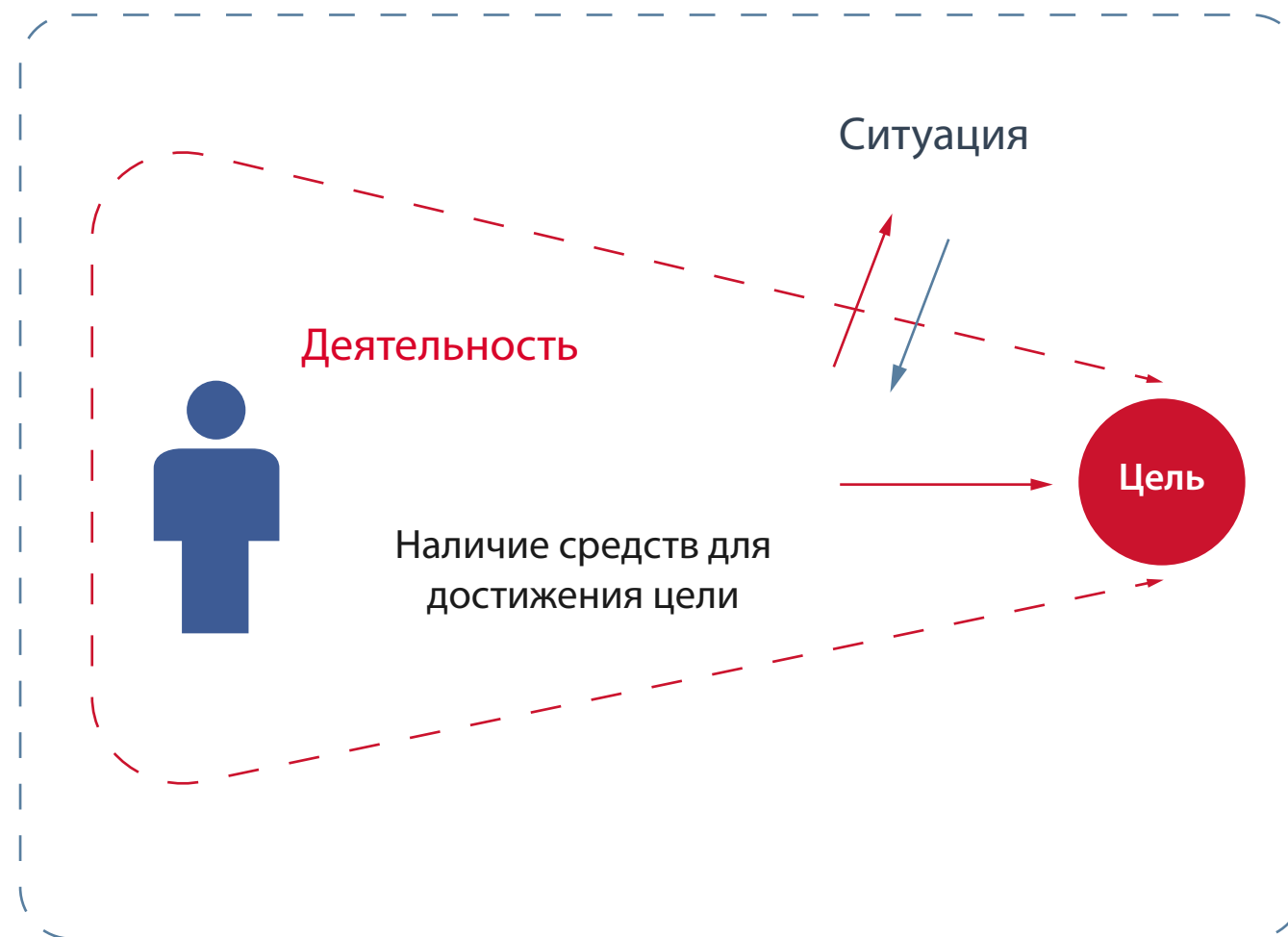
Начиная с 70-х, вместе с развитием информационных технологий, системный подход стал использоваться и отчасти вливаться в Computer science (Информатика). Это связано с эффективностью автоматизации громоздких математических вычислений, успешным использованием системного подхода к построению вычислительных машин, сетей и созданию программ. Много направлений системных исследований влились в информатику.

Киберсин — один из первых крупных проектов, который объединил методы кибернетики, теории систем, исследования операций. Правительство Сальвадора Альенде в 1970 г. обратилось к английскому ученому Стаффорду Биру с предложением о создании информационной системы по управлению экономикой страны. В системе было предусмотрено четыре уровня управления: предприятие, отрасль, сектор экономики, глобальный уровень. Она обладала обратной связью. Если проблема не разрешалась на низшем уровне за определённый промежуток времени, то автоматически происходила её передача на более высокий уровень принятия решения. Проекты были прерваны после переворота Пиночета в 1973 году.

В СССР создавалась система ОГАС (Общегосударственная автоматизированная система учёта и обработки информации). Проект системы автоматизированного управления экономикой СССР. Основана на принципах кибернетики, включала вычислительную сеть, связывающую центры сбора данных, которые планировалось разместить во всех регионах страны. Проектирование ОГАС прекращено в начале 1990-х.

Сегодня в мире ведется внедрение разнообразных систем управления, использующих принципы системной инженерии, системного анализа, исследования операций. Создаются автоматизированные системы управления предприятием, системы поддержки принятия решений, методологии обеспечения работы таких систем. Системные и прикладные математические методы применяют для работы с большими данными.

Общая концепция деятельности



Деятельность направлена к цели, ситуативна, инструментальна

Концепция деятельности

Системный анализ и исследование операций изначально разработаны как методы повышения эффективности практической деятельности.

Деятельность — целенаправленная активности человека

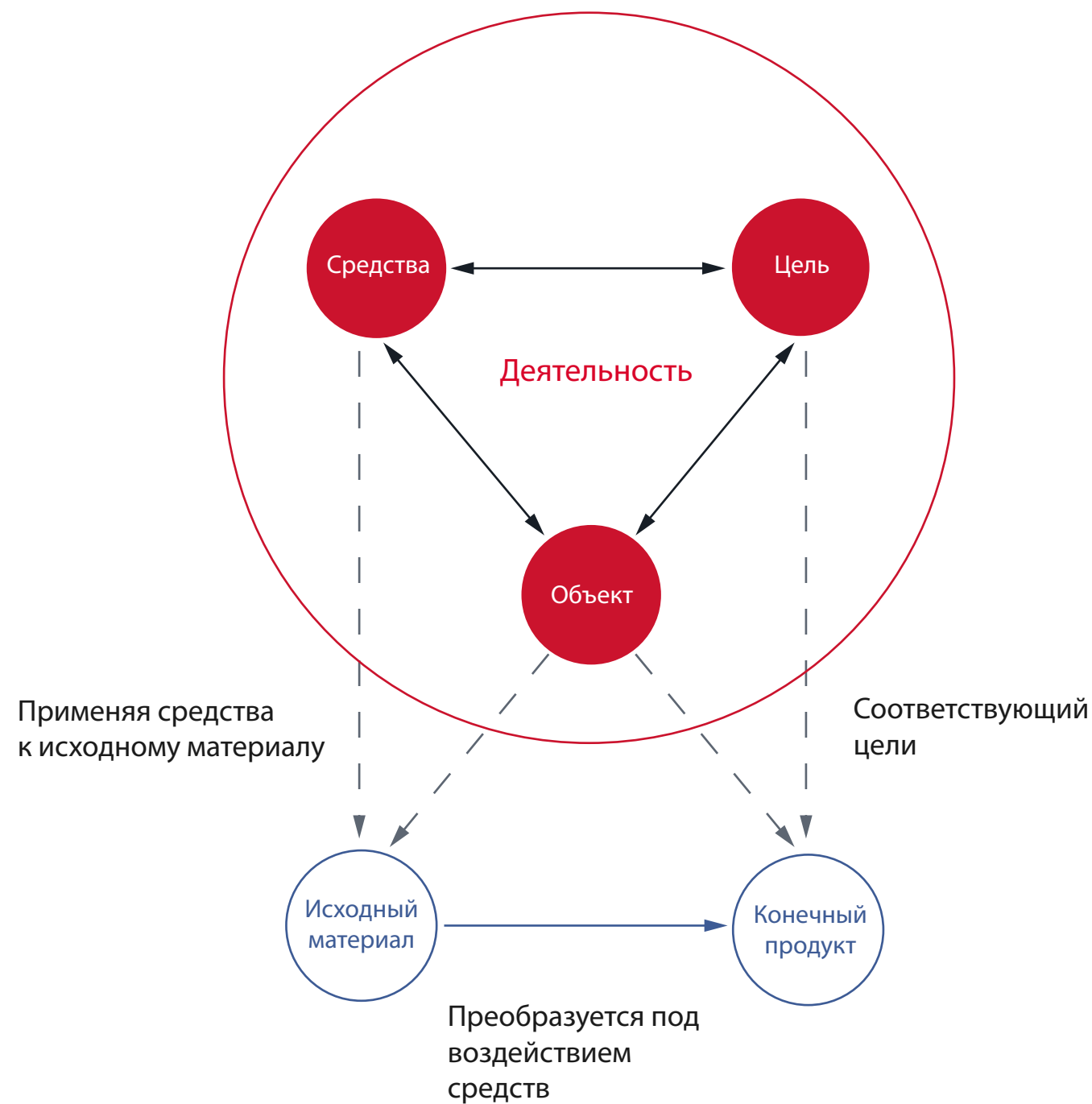
Деятельность:

- целеустремленная — направлена к цели;
- инструментальная — обеспечена инструментами достижения цели;
- ситуационная — осуществляется в ситуации и зависит от нее;
- ориентирована на определенный объект.

Деятельность целеустремленная — значит устремлена к обозначенной цели. Целесообразна — значит тем или иным образом сообразована с целью.

Инструменты — это средства достижения цели, эффективность использования которых для достижения цели осознана человеком. Нормы использования инструментами которыми культурно закреплены в знаниях и передаются другим людям. Это как простейшие орудия для обеспечения физического труда, так и средства высокого уровня, например, человеческие навыки. Средства деятельности необходимы как достаточные условия её осуществления.

Деятельность — скоординированная структура, цель должна соответствовать конкретной ситуации или определенному объекту, а средства должны быть целесообразны, то есть, обеспечивать достижение цели.



по материалам Г.П. Щедровицкого

Единичный акт деятельности

Для того, чтобы задать акт деятельности — необходимо, как минимум, задать ее цели, объект и средства.

В соответствии с целью, средства воздействуют на объект. Такая простейшая структура акта деятельности, может быть развернута. На место объекта, можно поместить процесс преобразования исходного материала в определенный конечный продукт. Воздействуя средствами (орудиями, инструментами) человек преобразует исходный материал в конечный продукт, который соответствует цели. Цель указывает на возможный продукт акта деятельности, она до начала деятельности содержит в себе образ конечного продукта. То, что человек хочет получить в конечном итоге, существует «заранее», в идеальной форме, в форме целей. Продукт создается в процессе преобразования материала.

Материал процесса преобразования может быть «вещным», тогда говорят об акте производственной деятельности. Материал может быть знаковым, тогда говорят об акте мыслительной деятельности. Например, преобразование математической формулы или информационной модели объекта.

Цель — указывает на конечный продукт — а значит и косвенно, на исходный материал преобразования из которого получается продукт. Средства должны обеспечивать достижение цели. Средства связаны с конечным продуктом, поскольку они должны обеспечить его получение из исходного материала. Средства связаны с процессом преобразования в целом — каждое конкретное средство используется в определенных процедурах процесса преобразования исходного материала.

Деятельность — скоординирована:

- цель должна соответствовать конкретной ситуации или определенному объекту
- средства должны быть целесообразны, то есть, обеспечивать достижение цели.

Управление — это деятельность, объектом которой является другая деятельность.

Системно-структурное представление деятельности

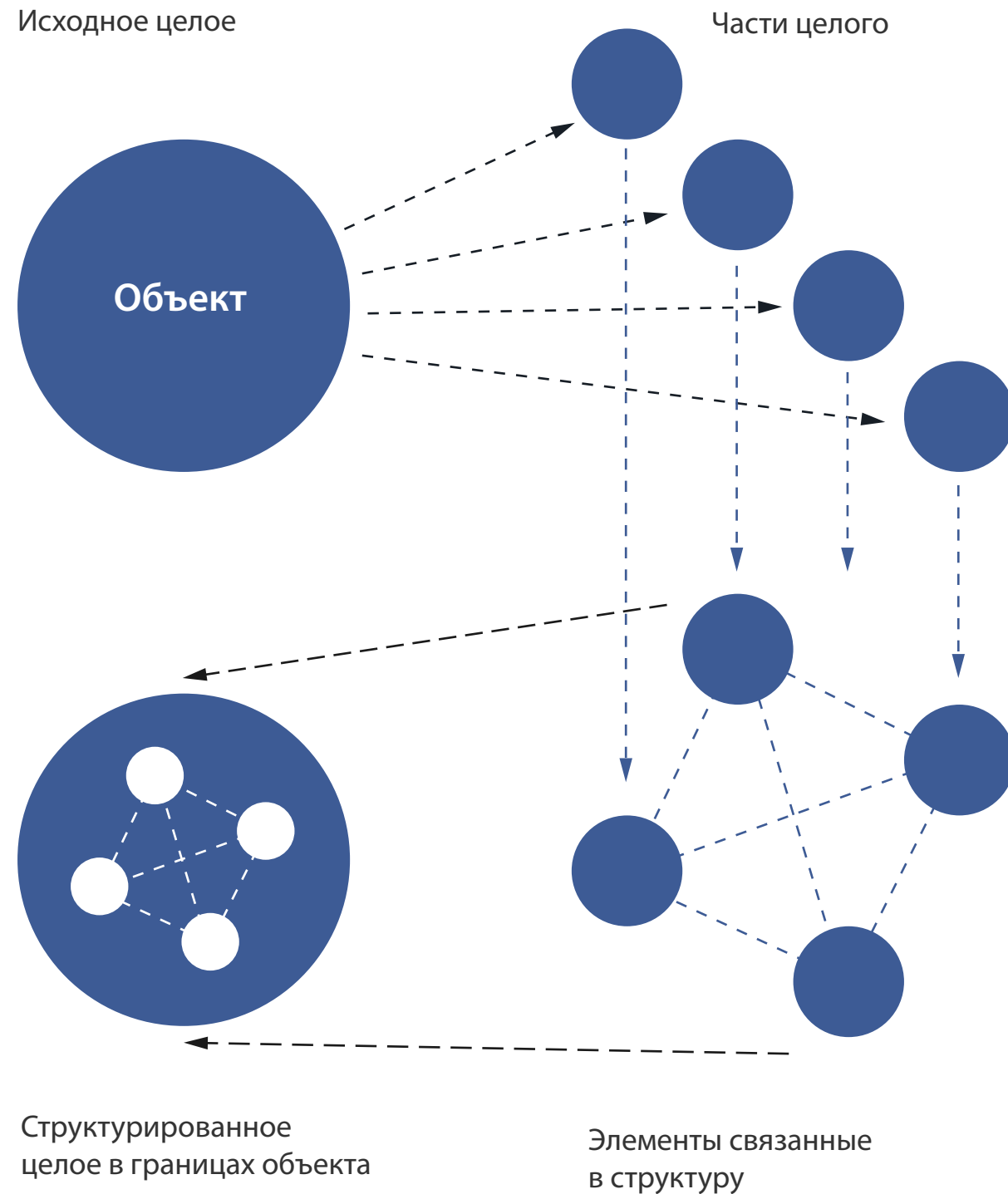
Определив целенаправленную деятельность получим элементарную структуру, которая может быть систематизирована.

Систематизировать — значит описать некоторую совокупность элементов как систему. Система обладает свойствами иерархического единства, упорядоченностью элементов, наличием связей и границ по отношению к окружающему миру. Однако каждый её элемент является такой же системой. Система может быть описана как фрактал с бесконечным количеством иерархических уровней.

Система существует как объективно, так и субъективно составляя диалектическое единство. Объективно существующие живые организмы — обладают всеми свойствами системы. Абстрактные системы могут накладываться на объекты, систематизируя их с помощью системно-структурных описаний.

Система обладает рядом важных свойств, таких как целостность, эмерджентность и иерархичность. Эмерджентность означает появление у системы свойств, не присущих элементам системы; принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих её компонентов. Возможности системы превосходят сумму возможностей составляющих её частей.





Первое определение системы

Сложный объект представлен как система, если:

1. Объект выделили из окружения как исходное целое
2. Разделили на части, получив совокупность частей
3. Организовали части между собой
4. Структурировали
5. Вложили структуру в границы объекта как целого

Это первое определение системы:

$$S = \langle A, R \rangle$$

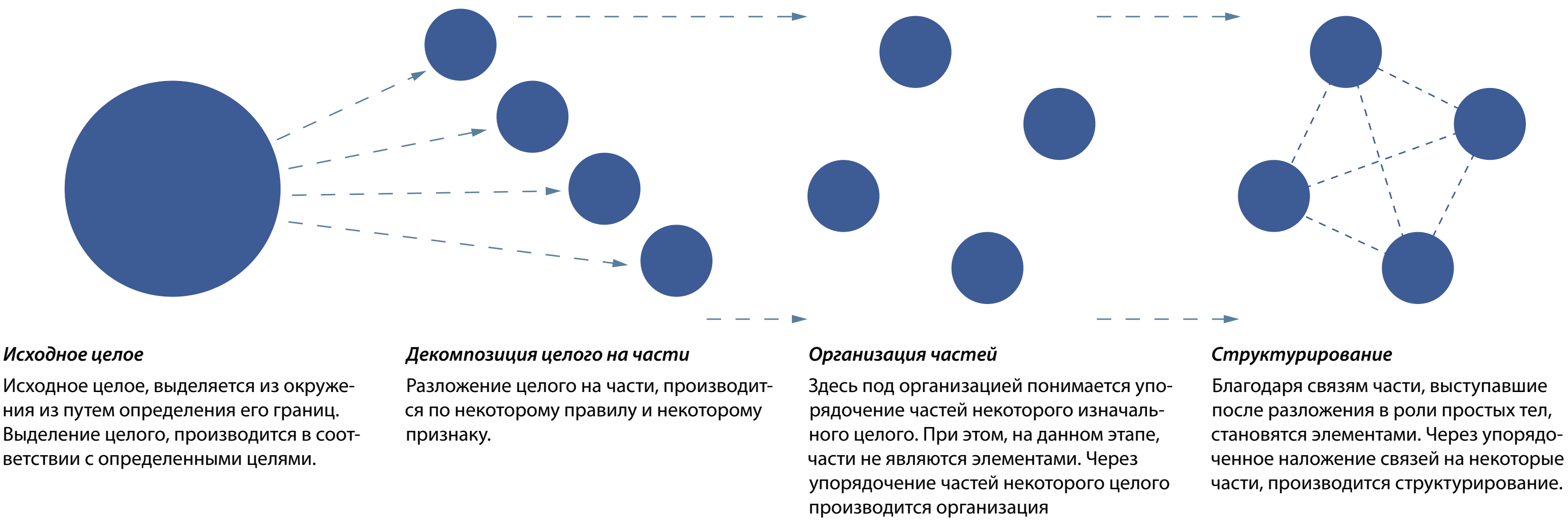
где A — элементы (части, компоненты) а R — связи.

Примеры определений:

Система — это комплекс взаимодействующих компонентов.

Система — это совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях между собой и со средой.

Системность присутствует в самом процессе человеческого познания. Познавая, человек использует анализ и синтез. **Анализ** состоит в разделении целого на части, в представлении сложного в виде совокупности более простых компонент. Но чтобы познать целое, сложное, необходим и обратный процесс — **синтез**. Аналитический метод имеет колоссальное значение в науке и на практике. Успех и значение аналитического метода состоит не только и не столько в том, что сложное целое расчленяется на все менее сложные части, а в том, что, будучи соединены надлежащим образом, эти части снова образуют единое целое. Этот момент агрегирования частей в целое является конечным этапом анализа, поскольку лишь только после этого становится возможно объяснить целое через его части — в виде структуры целого.

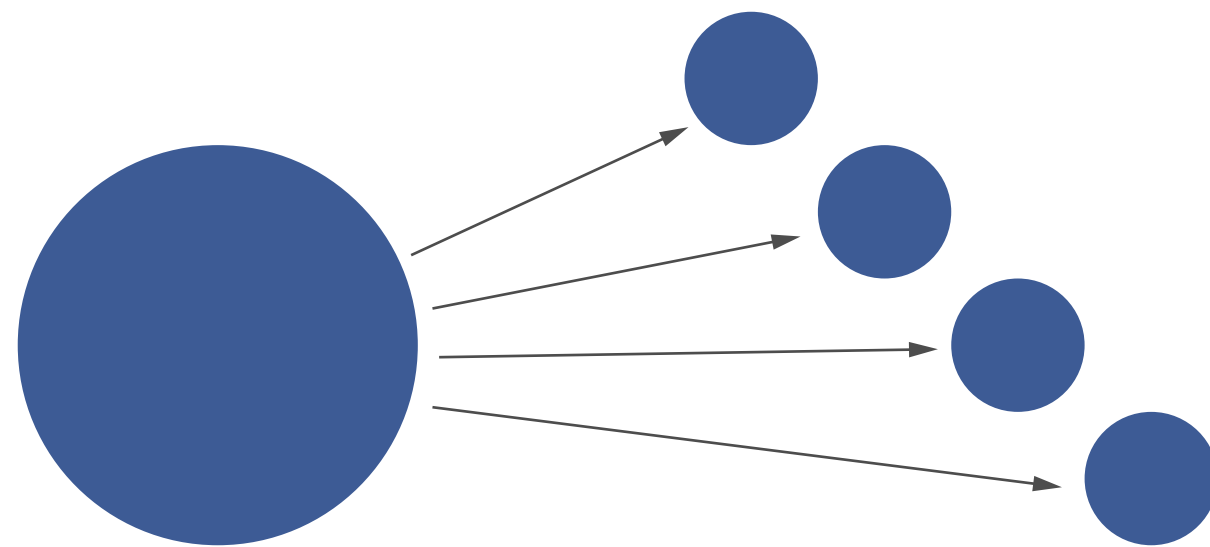


Декомпозиция

По сути, эти процедуры тождественны друг другу. Некоторое целое-объект в первой итерации выделяется из целого высшего порядка как часть. Во второй итерации, из целого-объекта, выделяются некоторые другие части. Подобный процесс может продолжаться и далее.

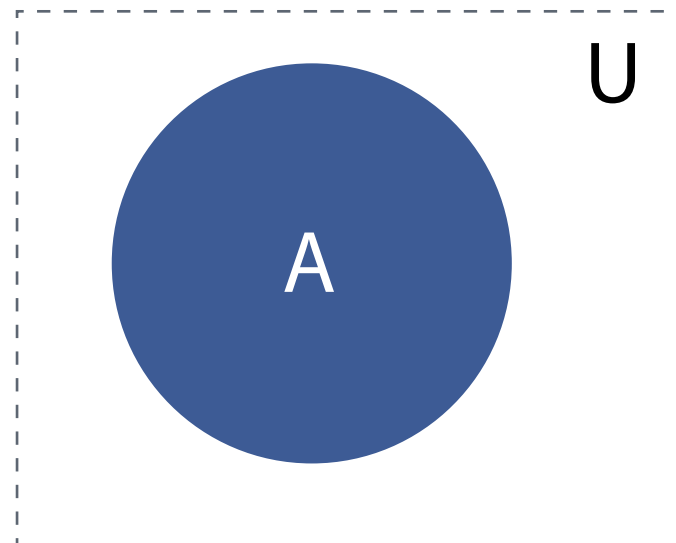
Организация и структурирование

Через организацию и структурирование, производится объединение частей в целое. Такой процесс выступает как обратная процедура по отношению к разложению целого на части; однако то, что получается в результате, не есть возвращение к исходному состоянию.

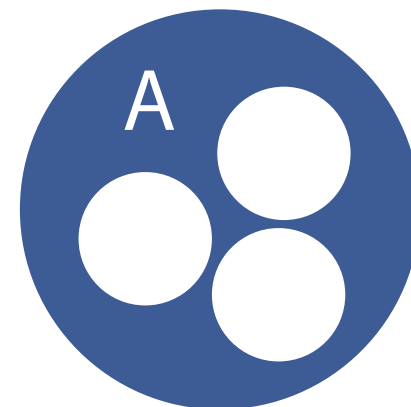


Исходное целое

Декомпозиция целого
на части



Множество A
(выделено из континуума U)



Определение элементов
множества A

Часть и целое в системном анализе

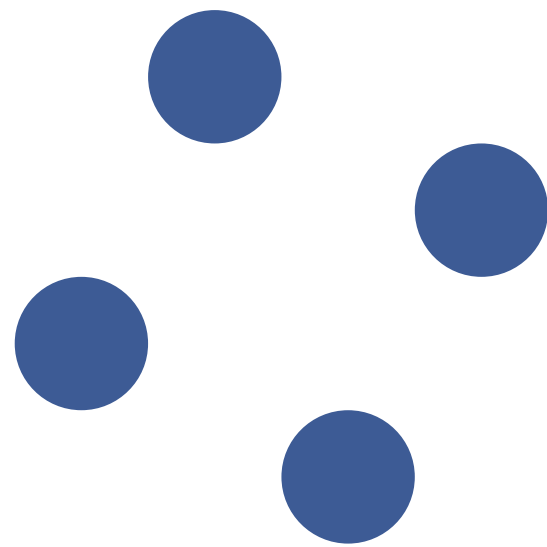
Большинство определений системы, опираются на идею отношения части и целого, совокупности, множества.

Система — совокупность элементов, находящихся в определённых отношениях друг с другом и со средой (Л. фон Берталанфи)

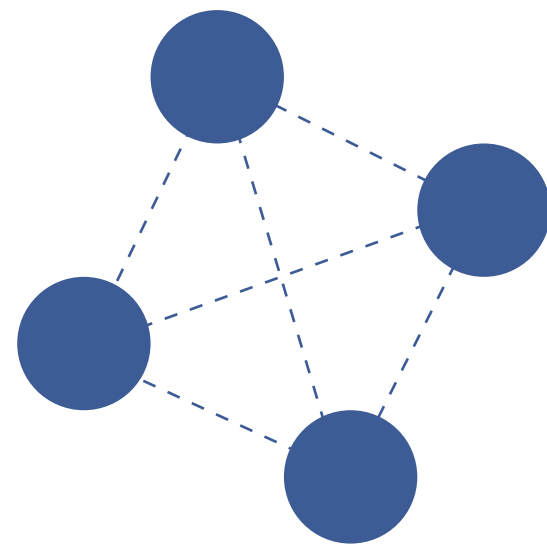
Система — множество взаимосвязанных элементов, обособленное от среды и взаимодействующее с ней, как целое (Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко)

Система — конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделенное из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала (В. Н. Сагатовский)

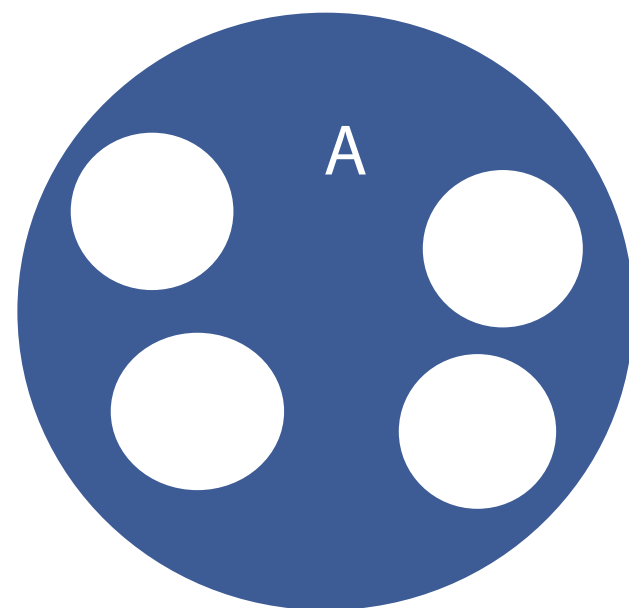
На идею отношения части и целого опирается и математика с понятием множества и его элементов. Объекты, из которых состоит множество, называют элементами множества или точками множества. В математике, понятие множества обычно принимается как аксиоматическое. То есть оно не сводится к другим понятиям, а значит, и не имеет определения; для его объяснения используются описательные формулировки, характеризующие множество как совокупность различных элементов, мыслимую как единое целое. Система выделяется из окружающей среды. Множество выделяют из континуума.



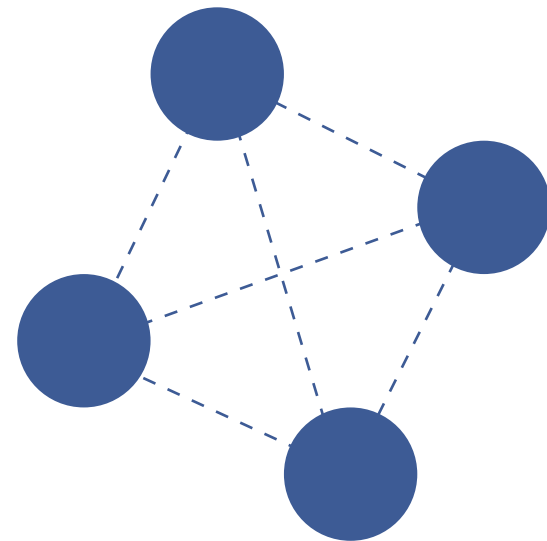
Организация частей



Структурирование



Теория множеств



Теория графов

Структура

Целое выделено из окружения и разложено на части. Развивая определение системы, организуем или упорядочиваем части, а затем накладываем связи.

Связь — отношение соединения или согласованности. Связи определяют взаимодействие между элементами системы. Через множество связей, задается структура системы.

Структура — это все то, что вносит порядок в элементы. Различие между структурой и системой: структура — это совокупность связей, а система — включает в себя как совокупность связей, так и совокупность элементов в их целостности. Для наглядности, структуру можно сравнить с графом. Граф — это множество вершин, соединённых рёбрами.

Граф — совокупность непустого множества вершин и наборов пар вершин (связей между вершинами). Объекты представляются как вершины, или узлы графа, а связи — как дуги, или рёбра. Посредством графов задается большое количество актуальных промышленных задач. Например, процессы календарно-сетевого планирования в значительной мере базируются на представлениях дискретной математики. Однако структура объекта может быть определена не только и не столько графами. Формализованное писание структуры в виде графа, одно из многих описаний.

Структурирование

Метод сетевого планирования — основан на теории графов и достаточно наглядно отражает применение системно-структурного описания деятельности. Сейчас не требуется вдаваться в детали сетевого планирования, важен общий принцип.

Первый случай

Элементы — соответствуют вершинам графа. Это события, которые по определенному признаку. Ребрам графа соответствуют операции или работы. Работы связывают события. Каждое ребро графа объединяет конец предыдущего события и начало следующего события. Ребро графа несет на себе свойство продолжительности операции.

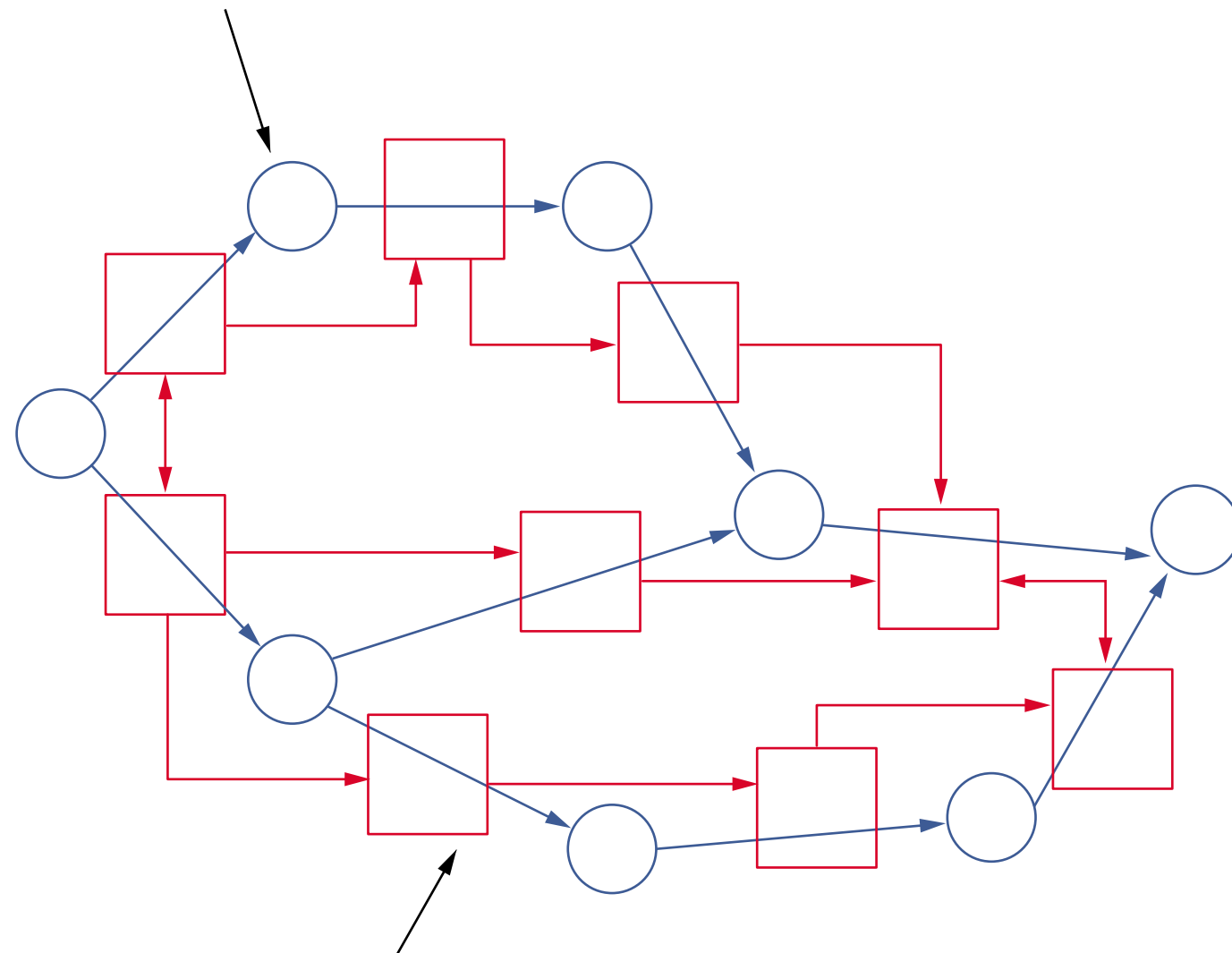
Второй случай,

Элементы — вершины графа и определены как операции. Вершина графа — это операция, которая имеет начало и конец в своих собственных пределах. Ребра графа — порядок выполнения операций. Ребра упорядочивают и указывают время которое необходимо для перехода от одной операции к другой. Второй подход позволяет представить процесс, как алгоритм.

Пример хорошо иллюстрирует следующие утверждения:

1. Деятельность может быть описана системно
2. Один и тот же объект, можно разложить на разную совокупность элементов по разным правилам.
3. Один и тот же объект можно организовать и структурировать различными способами.
4. Элементы и связи в системе, обладают свойствами.
5. Один и тот же объект можно описать как систему большим количеством способов
6. Структурное описание во многом абстрактно и формально
7. Структурное описание строится на языковой конструкции

Способ структурирования 1



Способ структурирования 2

Второе и третье определения системы

Свойства элементов и свойства связей, определяются критерием их выделения из множества. Выделяя из некоторого целого — элементы по определенному критерию, тем самым определяют связанные с ними свойства. Так, выделяя в виде элемента «операции» или «работы», определяют всю совокупность их свойств: продолжительность, стоимость, потребность в ресурсах и т.д. При первом представлении, ребра графа носят непрерывный характер, непрерывно длящееся время работ, а вершины графа, носят дискретный характер событие или совершилось, или нет.

Исходя из наличия свойств элементов и связей, система может быть определена следующим образом:

$$S = \langle A, R, Qa, Qr \rangle$$

где A, R — элементы и связи системы, Qa, r — свойства элементов и связей

Ребра графа направлены к некоторым элементам, определяя их порядок, а в конечном счёте приходят к некоторому ключевому событию, являющемуся целевым.

Системность деятельности проявляется в том, что она осуществляется по определенному плану или по определенному алгоритму. Следовательно, алгоритм — образ будущей деятельности, ее модель. Алгоритмизация любого вида деятельности — важный способ повышения ее системности.

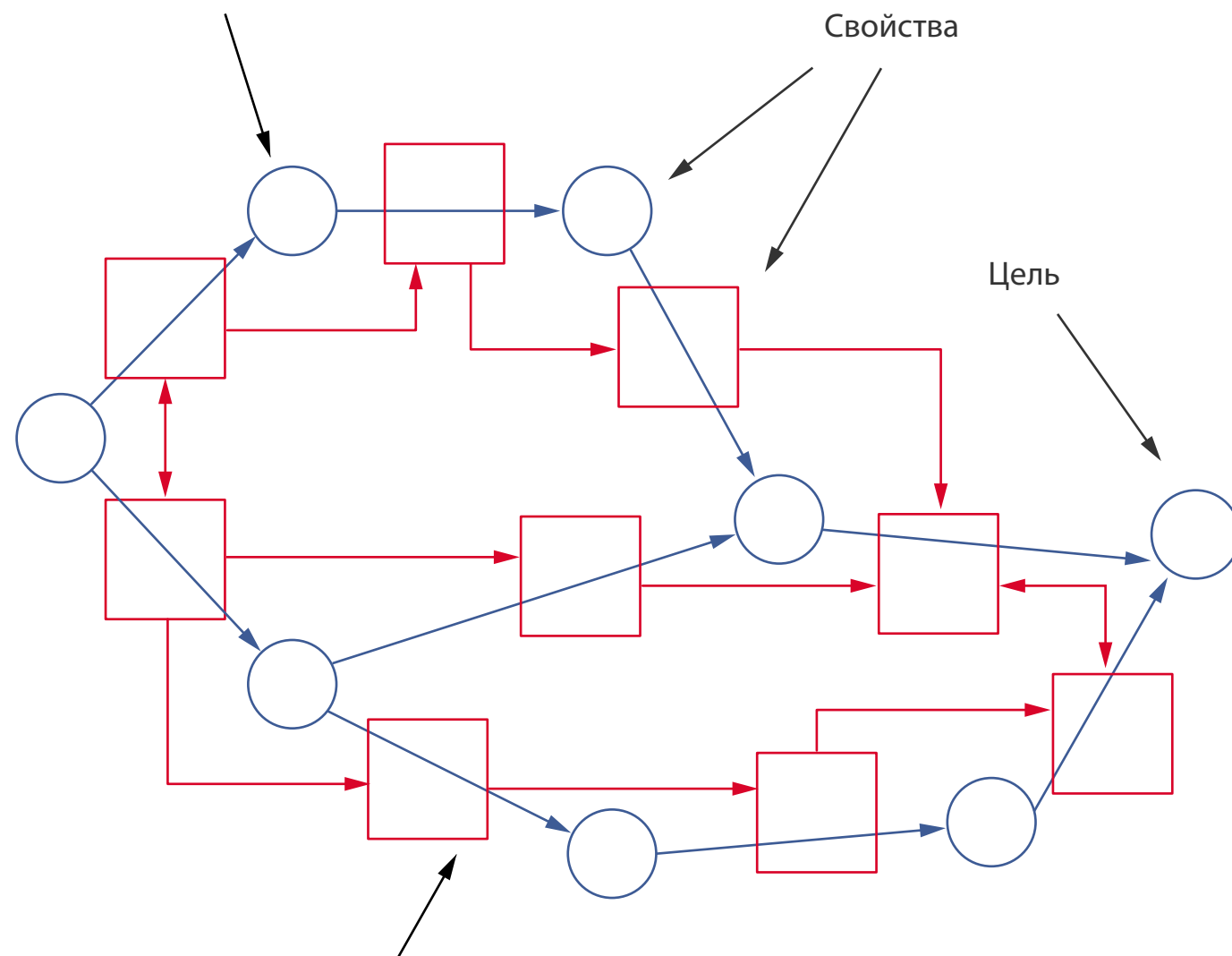
Цель — образ желаемого будущего, модель состояния, на реализацию которого и направлена деятельность.

$$S = \langle A, R, Qa, Qr, Z \rangle$$

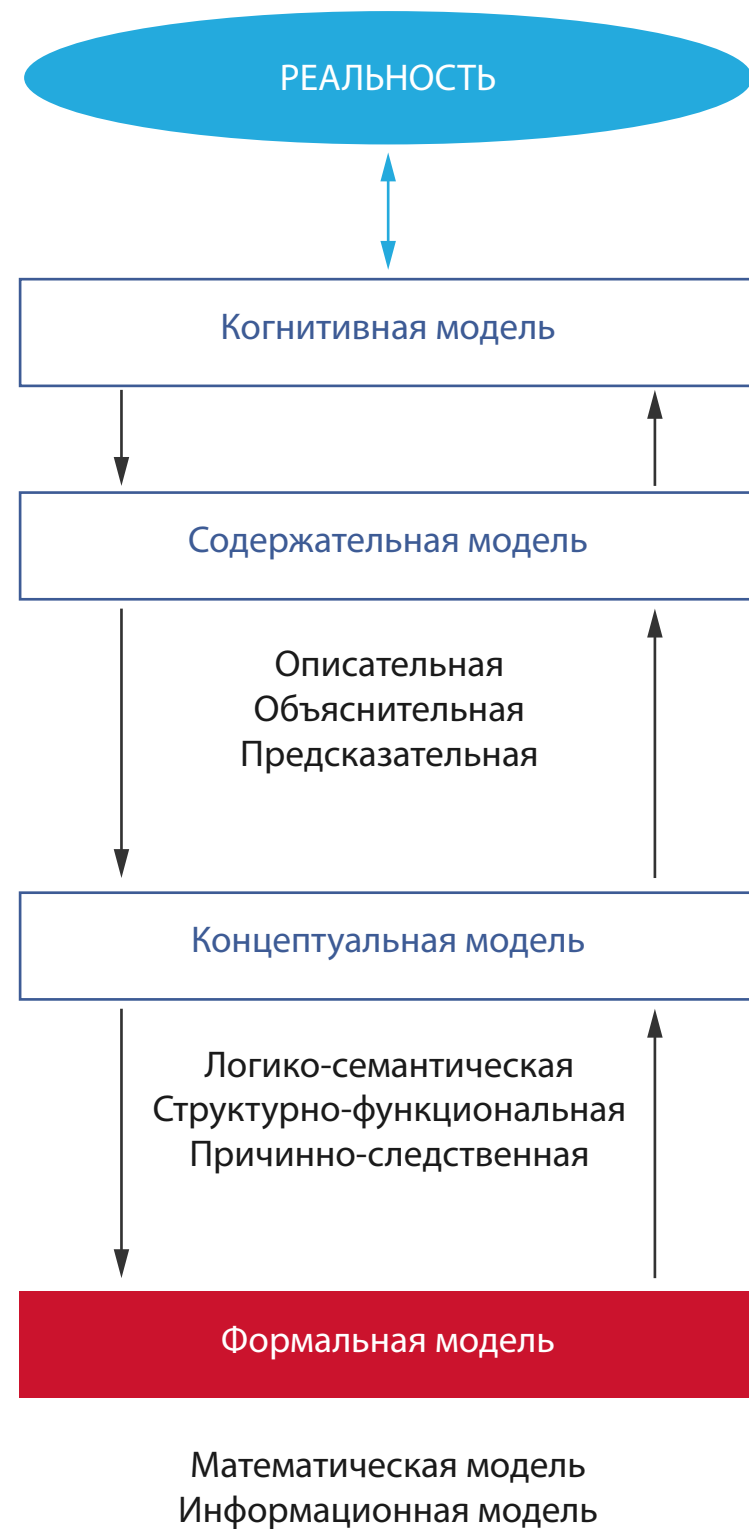
где Z — совокупность или структура целей.

Если ребра графа задать как процессы по преобразованию некоторого объекта, свойствам ребер поставить в соответствие средства, а вершинам — цели, мы возвращаемся к элементарному определению деятельности.

Способ структурирования 1



Способ структурирования 2



Четвертое определение системы

Последовательно определяя термин «система», начиная с процедуры выделения объекта из некоторой совокупности, можно использовать математические и логические инструменты формализации. Формализация позволяет выделять существенные связи, отношения, закономерности изучаемого объекта.

Система, которая описана в терминах математики, описанная формальным языком, приобретает свойства модели и дальнейшие манипуляции с таким описанием, выполняются уже по математическим или логическим правилам. Определяя систему, одновременно выбирают языковые средства, используя которые, по сути начинают моделировать систему.

Четвертое определение системы:

$$S = \langle A, R, Q_a, Q_b, Z, L \rangle$$

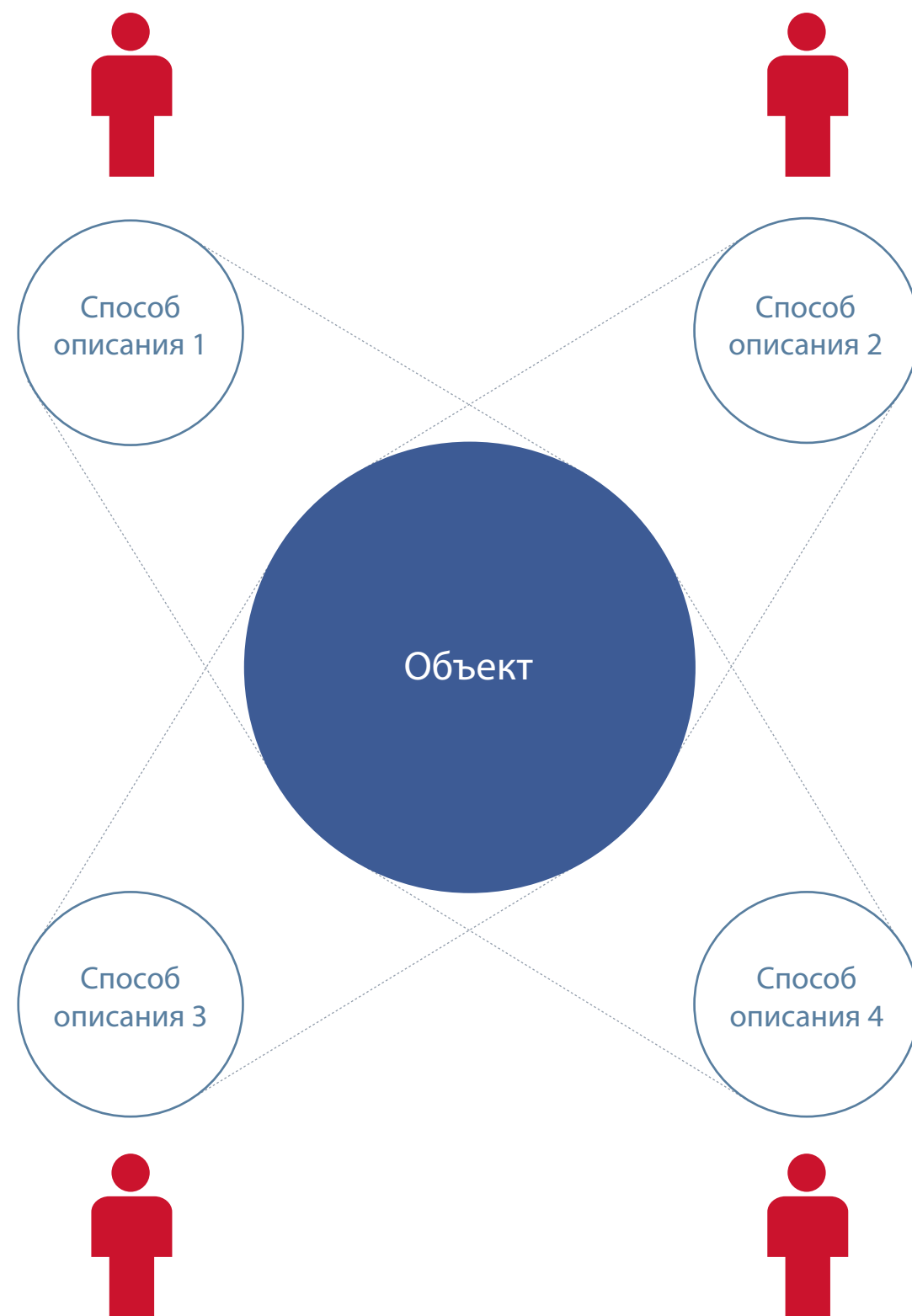
где L — языковая структура описания системы.

Если система описана некоторым количеством языков, то такое описание, тем или иным образом, будет связано с другими описаниями. Система может быть описана графически в виде схем, этому описанию может быть поставлено в соответствие математическое описание, описание в виде компьютерного программного кода и т.д.

С момента начала описания объекта, начинается процесс его моделирования.

Первоначально моделью называли объект, который в определенной ситуации заменял другой объект. Со временем, понятие модели стало более общим, охватывающим как реальные, так и абстрактные модели. Абстрактные модели являются идеальными конструкциями, построенными средствами мышления, сознания. Очевидно, что к абстрактным моделям относятся языковые конструкции.

Модель может быть определена как результат отображения одной абстрактной структуры на другую, тоже абстрактную, либо как результат интерпретации первой модели в терминах и образах второй.



Пятое определение системы

Исследователь описывает объект с помощью разных языковых средств и разными способами.

Например, инженерный объект, по-разному описывается специалистами разных профессий. Такие описания будут различны как по форме, так и по содержанию. Однако каждое из будет иметь нечто общее. Объект существует на пересечении различных видений. Системный анализ, позволяет работать с различными способами описания объекта, привлекая к исследованию разных специалистов.

Способ описания объекта, определяется целями исследователя. Однако понятие о «цели», часто относят ко внутренней структуре системы, где она содержится в неявном виде. В этом случае, «цель» определяет свойство «целостного единства».

Пятое определение системы:

$$S = \langle A, R, Qa, Qb, Z, L, N \rangle$$

где N — исследователи

Каждый из исследователей, описывающих одну и ту же систему, находится в некоторых отношениях с другими субъектами. Либо данный субъект может быть включен в некоторую группу людей, в организацию, другими словами, существуют связи между исследователями которые так или иначе, через свою деятельность включены в системное описание. Можно «развернуть» системное описание. от инженерного объекта, до социальной структуры, которая участвует в его создании.

ВЫБОР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМЫ

Определяя систему, мы очерчиваем её границы. Выбор определения системы, служит первым шагом к объему и форме её описания.

Обобщая вышесказанное, можно определить систему как:

$$\begin{aligned} S &= \langle A, R \rangle \\ S &= \langle A, R, Q_a, Q_b \rangle \\ S &= \langle A, R, Q_a, Q_b, Z \rangle \\ S &= \langle A, R, Q_a, Q_b, Z, N \rangle \\ S &= \langle A, R, Q_a, Q_b, Z, N, L \rangle \\ S &= \langle A, R, Q_a, Q_b, Z, N, L, SR, T \rangle \end{aligned}$$

где:

A, R — множество элементов и связей, Q_a, Q_b — множество свойств элементов и связей
 Z — структура целей системы, N — социальная структура, описывающая систему, L — структура языковых средств описания системы.
 SR — влияние среды, T — интервал времени исследования или жизненный цикл системы

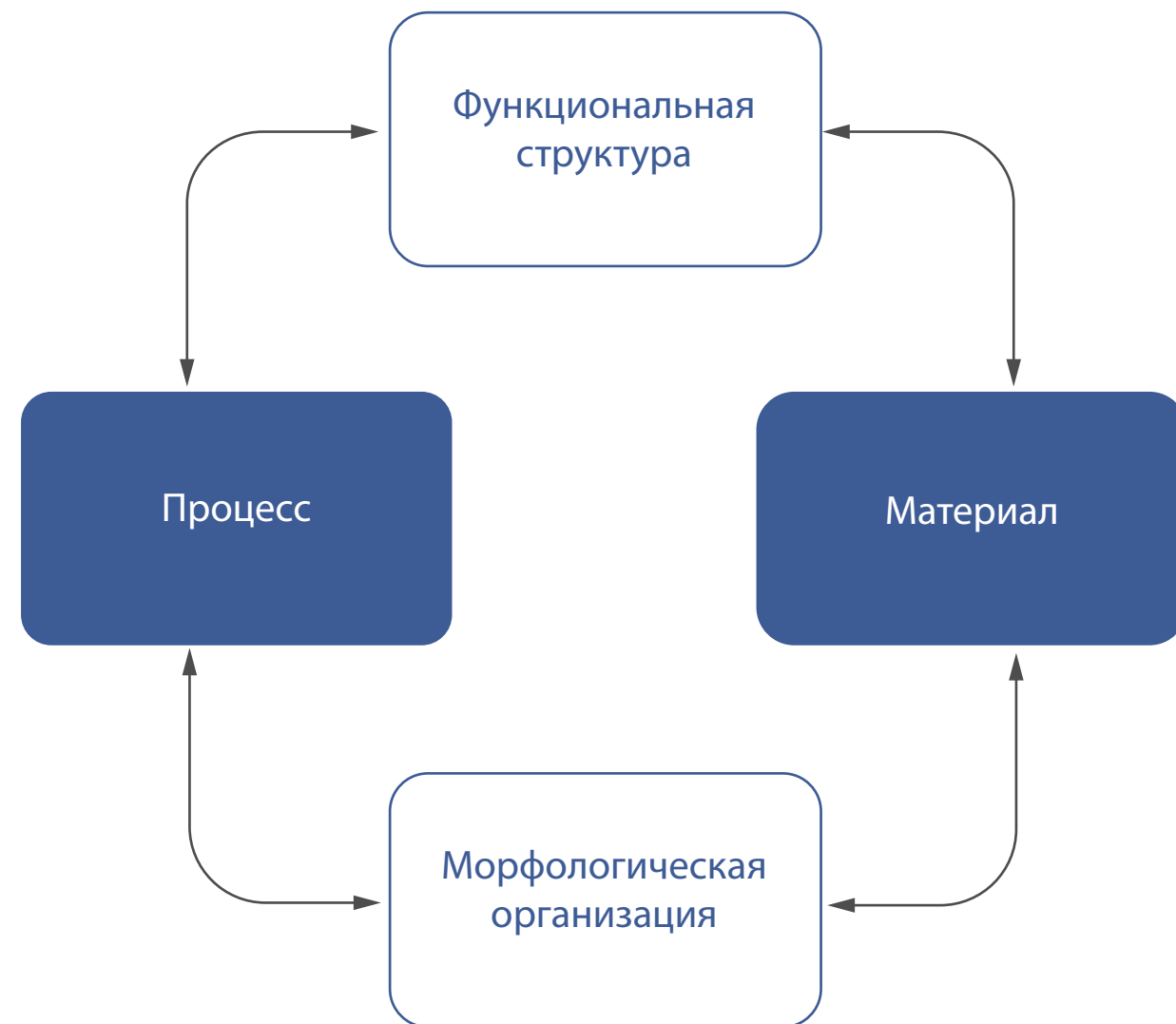
На разных этапах представления объекта в виде системы, в различных конкретных ситуациях можно пользоваться различными определениями. Причем по мере уточнения представлений о системе и переходе на ту или иную страту её описания определение системы не только может, но и должно уточняться.

Возвращаясь к определению деятельности и опираясь на системно-структурное описание объектов, можно определить систему как

$$S = \langle Z, STR, TECH, COND \rangle$$

где:

Z — структура целей, STR — совокупность структур, реализующих цели (STR_{np} — производственная, STR_{opz} — организационная и т.д.)
 $TECH$ — совокупность технологий, реализующих систему (*meth* — методы, *means* — средства производства, *alg* — алгоритмы и т.д.)
 $COND$ — условия существования системы (внешние, внутренние факторы, влияющие на её создание и функционирование).



Процесс и материал

Ключевые понятия, организующие системные представления об объекте: «*процесс*» и «*материал*». Процесс определяется как явление, состоящее в непрерывном изменении во времени. Согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288–2005:

Процесс– совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы в выходы».

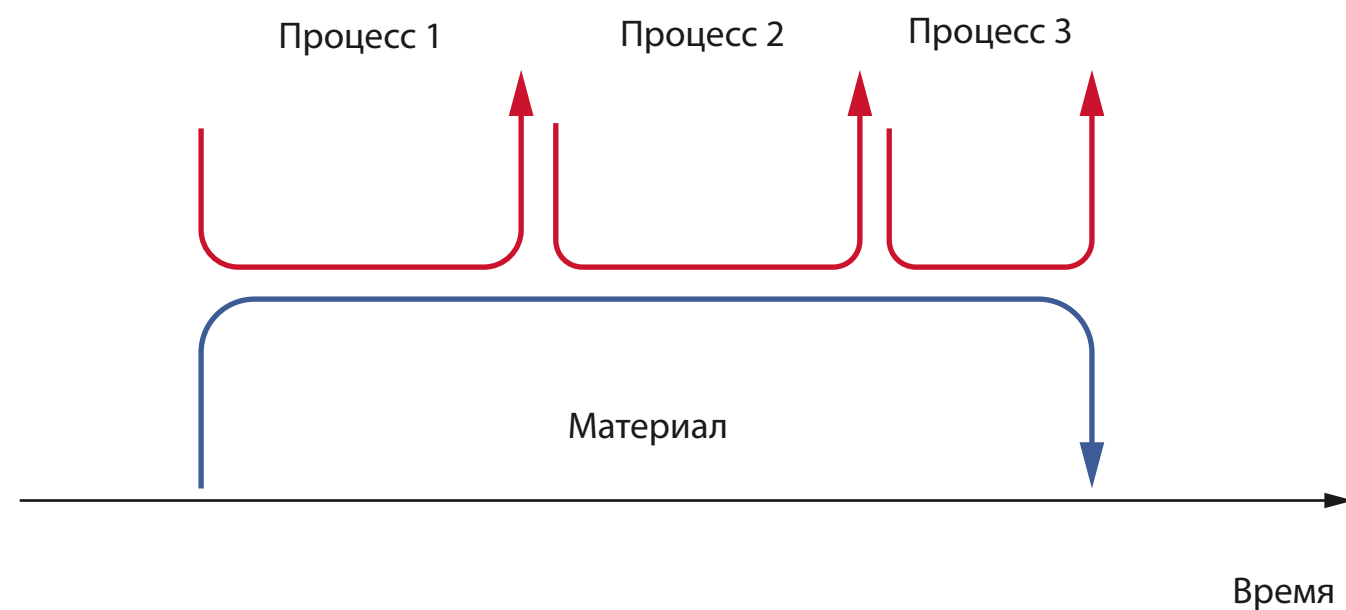
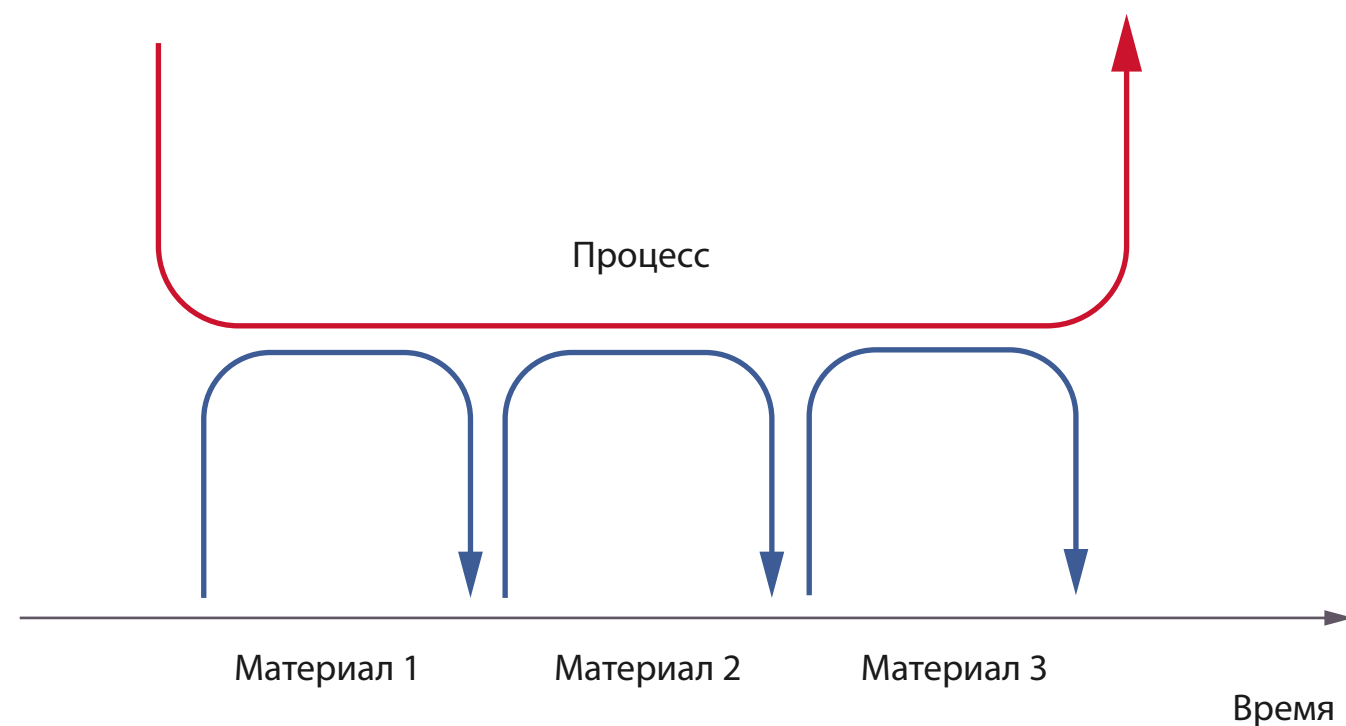
Функциональная структура определяет совокупность действий, некоторым образом структурированная между собой. Функциональный уровень описания дает ответ на вопрос о том, для чего предназначена система, как между собой соотнесены функции. Морфологический уровень описания дает ответ на вопрос о том, из каких элементов состоит система и как они расположены. Процессы, сорганизуются с материальными средствами. Процесс структурирует материал, в свою очередь материал является носителем процесса. Функциональная структура — это то, в чем материал отражается на процессе. Организованность материала — это отражение процесса на материале.

Процессы, происходящие в сложных системах, удобно описываются с помощью таких терминов как «состояние» и «жизненный цикл системы».

Состояние — характеризует мгновенный «срез» системы в некоторый момент времени.

Жизненный цикл — это стадии процесса, охватывающие различные состояния системы, начиная с момента возникновения необходимости в такой системе и заканчивая её полным выводом из эксплуатации.

Жизненный цикл — это не временной период существования, а процесс последовательного изменения состояния, обусловленный видом производимых воздействий (Р 50–605–80–93)



Жизненный цикл систем

Один процесс может проходить на нескольких материальных единицах или наоборот, несколько процессов, могут проходить на одном материале.

Наглядный пример: древнегреческий парадокс «Корабль Тесея».

Корабль Тесея отправляется в плавание. При починке корабля с течением времени, в нём постепенно заменяли доски, до тех пор, пока не заменили их все. Тот ли это ещё корабль, или уже новый? Разгадка парадокса — в неопределенности понятия «*тот же*» и в зависимости от того, как его задать, будут разные ответы.

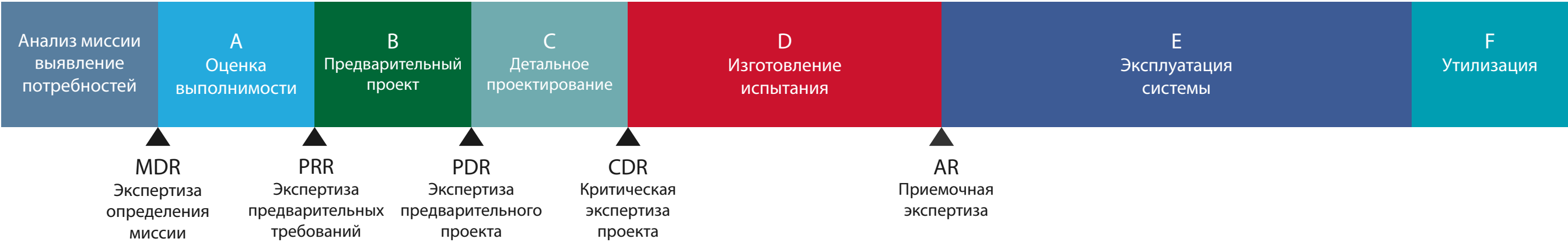
Применяя системный подход, корабль: система с жизненным циклом, элементы корабля имеют материальную организацию и функциональную структуру. В этом случае, даже если все доски будут заменены, функциональная структура остается неизменной, а значит система продолжает существовать в жизненном цикле оставаясь «той же самой» системой.

Если жизненный цикл будет определен иным образом, то можно описать один объект, через две параллельно реализуемые системы. Продолжительность жизненного цикла первой системы определим началом убывания досок составляющих морфологическую структуру корабля от первой доски до последней. Продолжительность жизненного цикла второй системы определим событиями формирования новой морфологической структуры из новых досок, так же с первой по последнюю. Одна система будет «исчезать», а вторая «проявляться».

Если описывать корабль, опираясь только на материал, то он прекратит существование в тот момент, когда последняя доска будет заменена.

Фазы жизненного цикла по различным стандартам

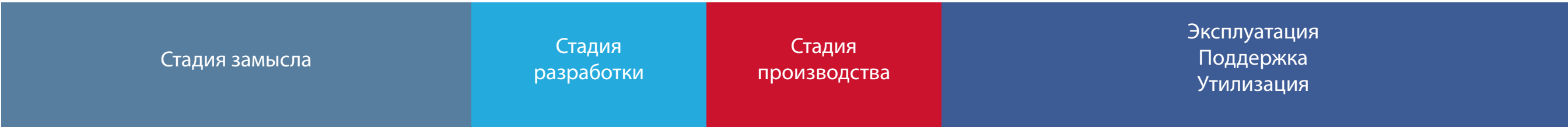
Фазы жизненного цикла по стандартам Европейского космического агентства



Фазы жизненного цикла по стандартам NASA

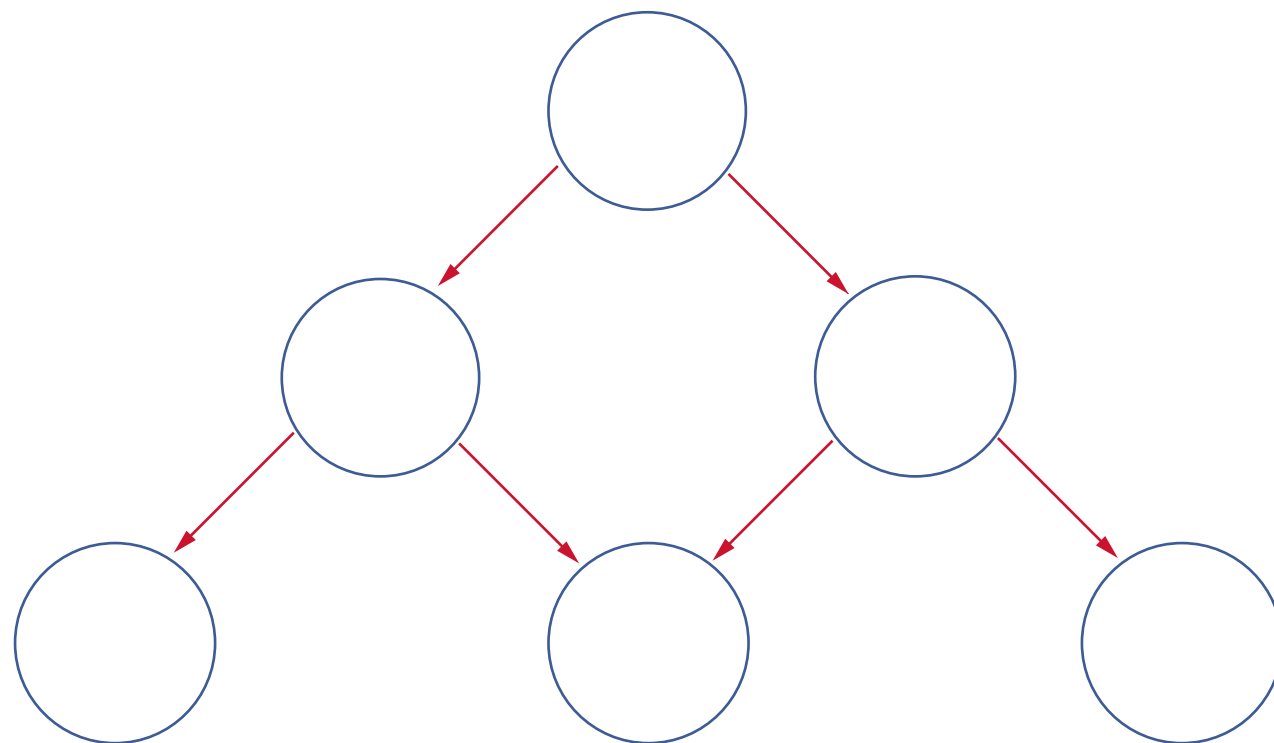


Фазы жизненного цикла по ГОСТ ISO 15288





Иерархически упорядоченная структура



Принцип иерархической упорядоченности

Эта закономерность тесно связана с принципом целостности и разделения целого на части, однако также, она характеризует взаимодействие системы и её окружения или среды.

Иерархия — порядок подчинённости или включенности от низших звеньев к высшим и наоборот, организация их в структуру типа «дерево».

Иерархически может быть представлен как материальный уровень или процессный уровни, так и вся система в целом. Одна и та же система, представлена различными иерархическими структурами.

Такое представление зависит от назначения и цели системы, методики структуризации, профессиональных навыков и опыта исследователя и ряда других обстоятельств.

Каждая из иерархических структур, может быть вложенным элементом в иерархической структуре другого порядка. Относительно инженерных систем, иерархический принцип соответствует «детализовке»: разбиению крупных объектов на более мелкие. В социальных структурах, соответствует принципу подчинённости нижних уровней верхним. В процессах, можно выделить подпроцессы и т.д.

Многоуровневая иерархическая система управления

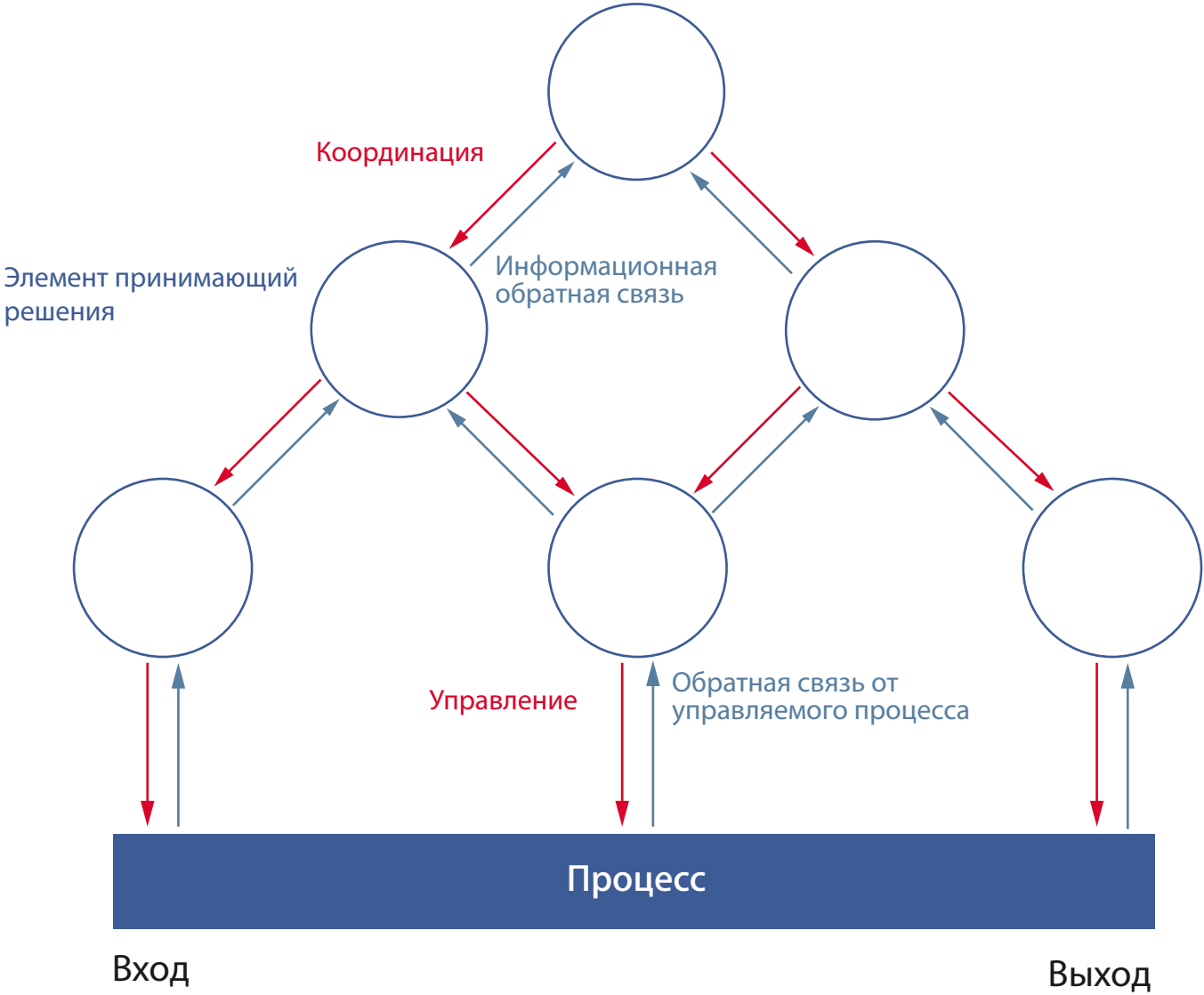
Сербский ученый Месарович, разрабатывая математические методы моделирования многоуровневых иерархических систем, разделяет понятия «управление» и «координации», а также вводит понятия «страта» и «эшелон».

Страта — масштабируемый уровень описания. Одна и та же система, может быть описана с позиций разного уровня абстрагирования. При описании систем, есть проблема, которая заключается в том, чтобы найти компромисс между простотой описания, которая сохраняет целостное представление об исследуемом объекте и детализацией описания, которая отражает многочисленные особенности конкретного объекта. Чем ниже движение по иерархии страт, тем детальнее становится раскрытие системы. Чем выше движение по иерархии, тем яснее становится замысел и значение всей системы.

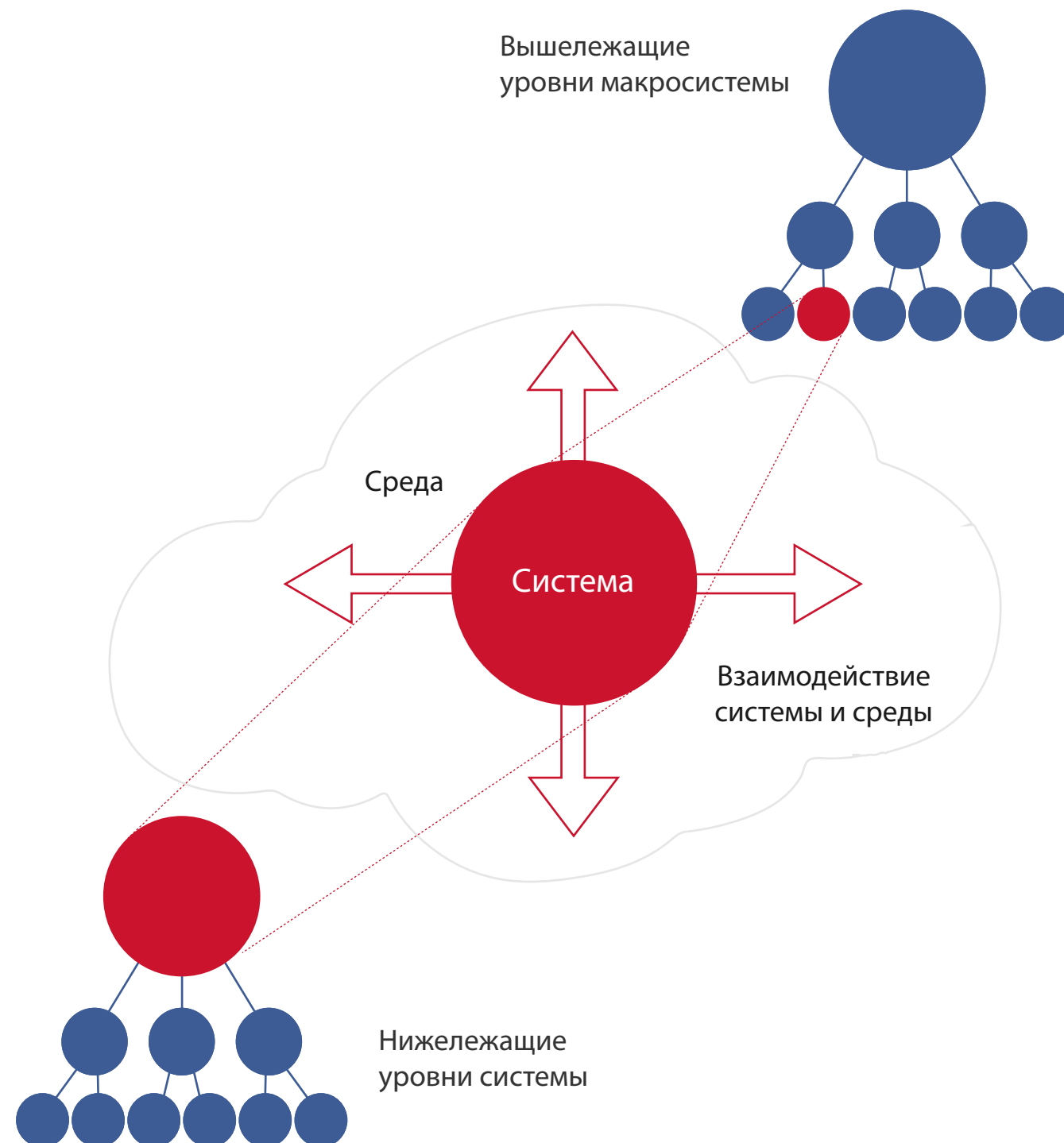
Месарович представляет систему в виде относительно независимых, взаимодействующих между собой подсистем. Все подсистемы имеют права принятия решений, а иерархическое расположение подсистем определено тем, что некоторые из них находятся под влиянием или управлением вышестоящих. Подсистемам всех уровней предоставляется определенная свобода в выборе собственных решений.

Под принятием решения понимают выбор из некоторого набора альтернатив. При предоставлении подсистемам прав самостоятельного принятия решения они могут формировать противоречащие друг другу решения, что затрудняет управление. Разрешение противоречий достигается путем вмешательства элемента вышестоящего эшелона.

Координация — связь, которая характеризует степень и форму вмешательства вышестоящего эшелона. Обеспечивает слаженное функционирование системы в целом.



Иерархическая упорядоченность и окружение



Окружение — все, что вне системы и взаимодействует с ней.

Среда — совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы.

Одна и та же система может быть представлена изолированно, или как подсистема. Конкретное представление зависит от способа описания объекта и целей исследователя. Уточнение и конкретизация определения системы в процессе исследования или разработки, влечет за собой соответствующие уточнения параметров взаимодействия с окружением. Важно учитывать неоднородность и многослойность среды, определяя взаимодействие системы со средой по выделенным направлениям и прогнозируя состояние среды.

Сложное взаимодействие системы и среды отражено в следующем определении:

1. Система образует особое единство с окружением.
2. Любая исследуемая система представляет собой элемент системы более высокого порядка.
3. Элементы любой исследуемой системы, в свою очередь выступают как системы более низкого порядка.

Частный случай выделения системы из среды: определение через входы и выходы, посредством которых система общается со средой. В кибернетике такое представление называют чёрным ящиком.



Границы системы

Понятие об окружении естественным образом связано с понятием границы системы.

Проблема определения границ систем, на практике достаточно сложная, мнения по этому вопросу часто расходятся у разных специалистов. Недооценка определения границ может сильно влиять на успех разработки или исследования.

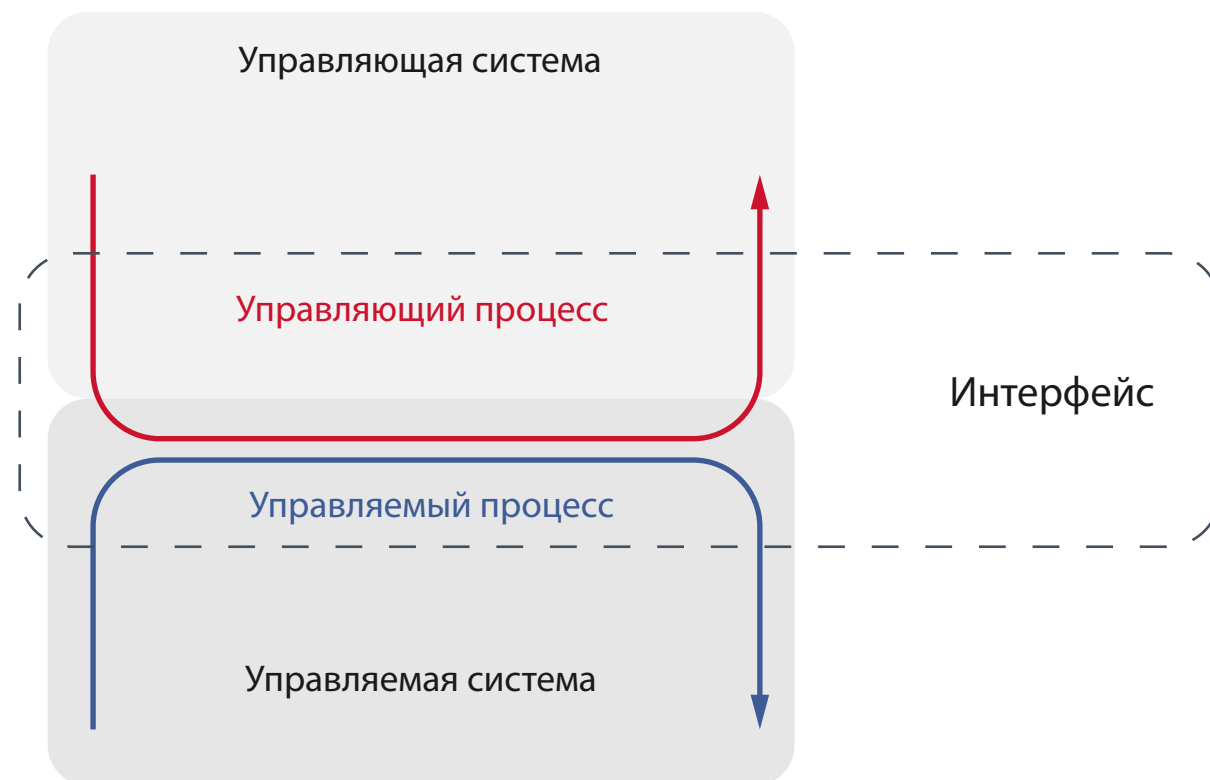
Границы могут быть заданы в зависимости от того, куда распространяются процессы или же материальными границами системы.

В процессе исследования, моделирования, разработки граница между системой и средой изменяется. Уточняя модель, исследователь может выделять в среду некоторые составляющие, которые он первоначально включал в систему и наоборот, исследуя взаимодействие между компонентами системы и среды, может быть принято решение о включении в систему тех составляющих среды, которые имеют наиболее сильные связи с элементами системы и важны для задач исследования.

Границы системы задает исследователь или разработчик, при этом сам он может:

1. Отнести себя к окружению и представить систему как изолированную;
2. Включить себя в систему и моделировать её с учетом своего влияния на систему и влияния системы на свои представления о ней;
3. Отделить себя и свое влияние и от системы, и от среды.

Интерфейс между управляющей и управляемой системами



Интерфейсы и коммуникативность в системе

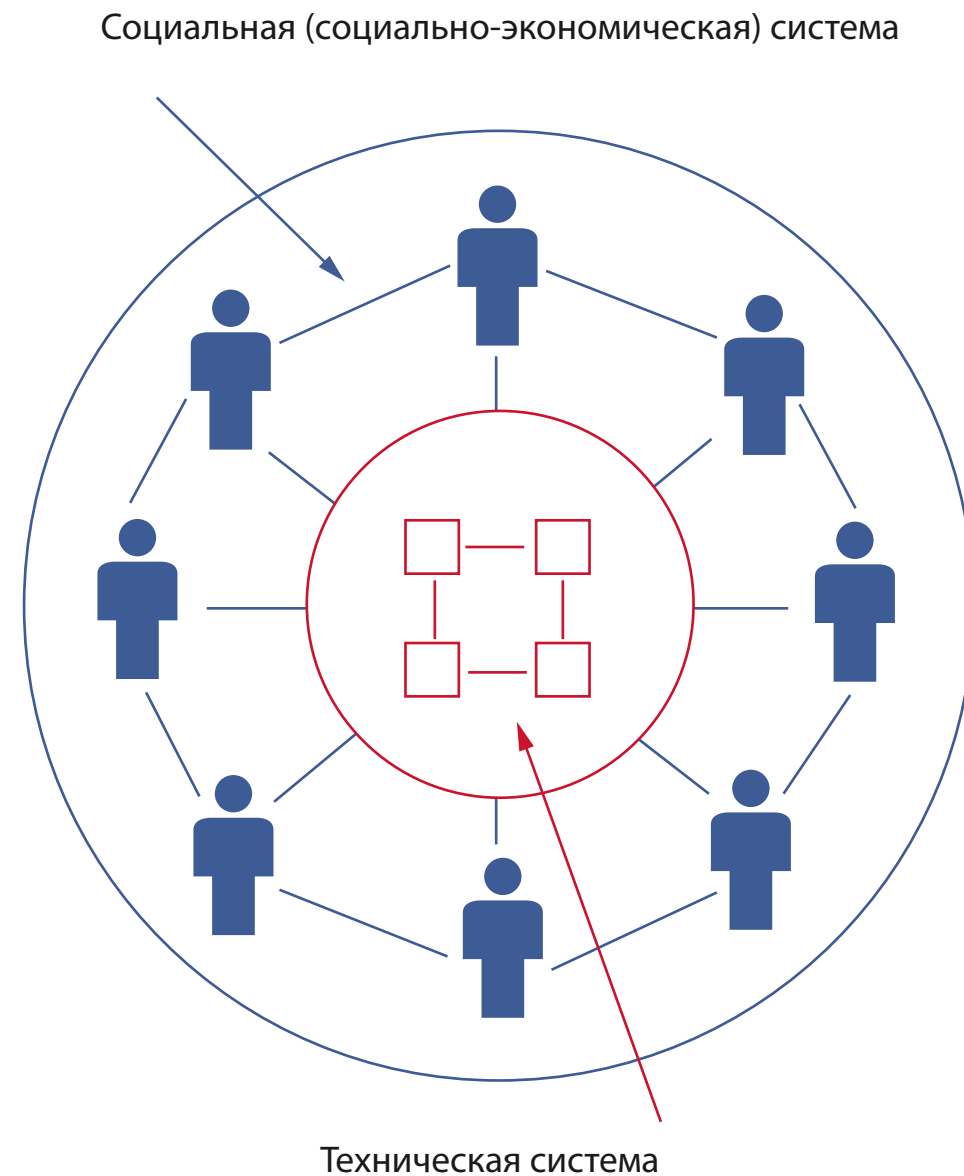
Управляющая система, осуществляет управляющее воздействие, через интерфейсы с управляемой подсистемой.

Интерфейс — это общая граница между двумя или более системами, или элементами системы. Интерфейсы имеют самые разнообразные формы, включая механические, электрические, гидравлические, человеко-машинные.

Интерфейсы можно разделить на внешние и внутренние. Это зависит от того, как определены границы системы. Внешние интерфейсы в одном описании системы, могут оказаться внутренними интерфейсами и наоборот.

Взаимодействия между частями системы осуществляется через интерфейсы, практический опыт системной инженерии показывает, что большая часть отказов системы происходит именно в интерфейсах. Главная цель проектирования интерфейсов состоит в обеспечении правильной коммуникации между различными элементами системы.

Важно отметить что, по-разному определяя границы системы, мы тем самым в большинстве случаев, изменяем конфигурацию интерфейсов между системой и её окружением.



Обеспечивающие системы

Отделяя систему от среды, можно представить среду как некоторую совокупность других систем. В этой связи, важно отметить вводимые в ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288–2005 термины:

Рассматриваемая система — та, которая описывается, разрабатывается, создается

Обеспечивающая система — та, которая служит дополнением к рассматриваемой системе на протяжении стадий ее жизненного цикла, но необязательно вносит непосредственный вклад в ее функционирование.

Инженерная система состоит из множества элементов, компонентов, подсистем соотношенных между собой, в ней протекают определенные процессы, она имеет свою конструктивную и функциональную структуру. На всём протяжении жизненного цикла, на её создание, эксплуатацию и утилизацию направлены усилия сложной социальной системы, которая состоит из людей которые объединяются организационными структурами и функциональными отношениями.

В социотехнической системе, выделяют подсистемы:

1. Техническая подсистема — включает устройства, инструменты и технологии, преобразующие вход в выход тем способом, который улучшает экономическую эффективность организации.
2. Социальная подсистема включает занятых в организации служащих (знания, умения, настрой, ценностные установки, отношение к выполняемым функциям), управленческую структуру, систему поощрений и т.д.



Проблемная ситуация в контексте системного подхода

Деятельность по достижению цели, может быть затруднена теми или иными проблемными ситуациями. Это означает как проблемные ситуации в самой целевой системе, так и в управляющей или обеспечивающей системе.

Проблема — это препятствие на пути к достижению поставленной цели. Проблемной называется ситуация, когда деятельность не реализуется принятыми ранее способами, и достижение результата деятельности в изменившихся условиях затруднено или исключено.

Критерии оценки проблемной ситуации:

1. Степень неопределенности проблемной ситуации. Под неопределенностью, понимают отсутствие или недостаток информации о чём-либо.
2. Наличие явных или существенных противоречий в описании или оценке ситуации. Под противоречием, понимают элементарный логический факт наличия двух суждений, каждое из которых является отрицанием другого.
3. Слабое или полное отсутствие структуры в описании проблемной ситуации. Под отсутствием структуры, понимают существенные затруднения в определении причинно-следственных или иных связей между рассматриваемыми объектами или явлениями.
4. Слабое или полное отсутствие возможности формализации проблемной ситуации. Под отсутствием возможности формализации, понимают существенные затруднения в описании проблемной ситуации посредством формальных языков или определений.

ПРОБЛЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

Выбор - действие, которое придает всей деятельности целенаправленность. Именно выбор реализует подчиненность деятельности определенной цели или совокупности целей. Рано или поздно наступает момент, когда дальнейшие действия могут быть различными, приводящими к разным результатам, а реализовать можно только одно действие, причем вернуться к ситуации, имевшей место в этот момент, как правило нельзя.

Проблема принятия решения — возникает в тех случаях, когда проблема настолько усложняется, что для её формулирования или постановки не может быть сразу применен, подходящий аппарат формализации, когда процесс постановки и рассмотрения задачи требует участия специалистов различных областей знаний.

В основании термина «решение» лежат следующие допущения:

1. Рассматривается некоторая совокупность возможностей, которые тем или иным образом выделены человеком, делающим тот или иной выбор.
2. Решение, представляет собой процесс поиска наиболее предпочтительных вариантов, включающих в себя обдумывание, изучение какого-либо вопроса, или задачи, нахождение правильного ответа.
3. Решением является сам полученный в ходе поиска ответ, например, один или несколько выбранных вариантов, результат анализа некоторой проблемы.

Принятие решения — деятельность, которая состоит в обоснованном выборе по тому или иному критерию наилучшего варианта или нескольких предпочтительных вариантов из имеющихся возможных.

В ситуациях принятия сложных решений всегда существует недостаток или противоречивость информации. Опытный руководитель или специалист покрывает неполноту информации своими знаниями, умениями, опытом и интуицией. Однако, по мере роста динамики изменения ситуации, повышении сложности рассматриваемых систем, роста количества возможных альтернатив, увеличении количества и качества рисков, проблема принятия решения значительно усложняется.

Проблема принятия решения находится в области изучения многих дисциплин: теории принятия решений, системного анализа, исследования операций, теории статистических решений, теории управления и т.д.

ПРОБЛЕМА КОЛЛЕКТИВНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

При принятии экономических, производственных, военных решений требуется учитывать различные, зачастую не совпадающие интересы действующих сторон, нужно отыскивать и обрабатывать большое количество разнородной информации. По мере роста сложности технических и экономических систем, в решении задач организации и управления современным производством необходимо учитывать всё большее количество факторов различной природы, являющихся предметом исследования различных областей знаний.

Как следствие, возрастает ответственность человека за принятие наилучшего решения, увеличились трудности, связанные с его нахождением, преодолеть которые зачастую невозможно без использования всего арсенала имеющихся научных и методологических средств.

Для сравнения альтернатив приходится проводить всесторонний, иногда достаточно сложный анализ проблемной ситуации, разрабатывать для этого специальные модели, привлекать к выработке решения специалистов, экспертов, аналитиков, использовать средства вычислительной техники, строить системы поддержки принятия решений.

В подобных условиях, один человек уже не в состоянии принять решение о выборе факторов, влияющих на достижение цели, не может определить существенные взаимосвязи между целями и средствами. Проблема принятия решения, в таких случаях, становится проблемой коллективного принятия решения.

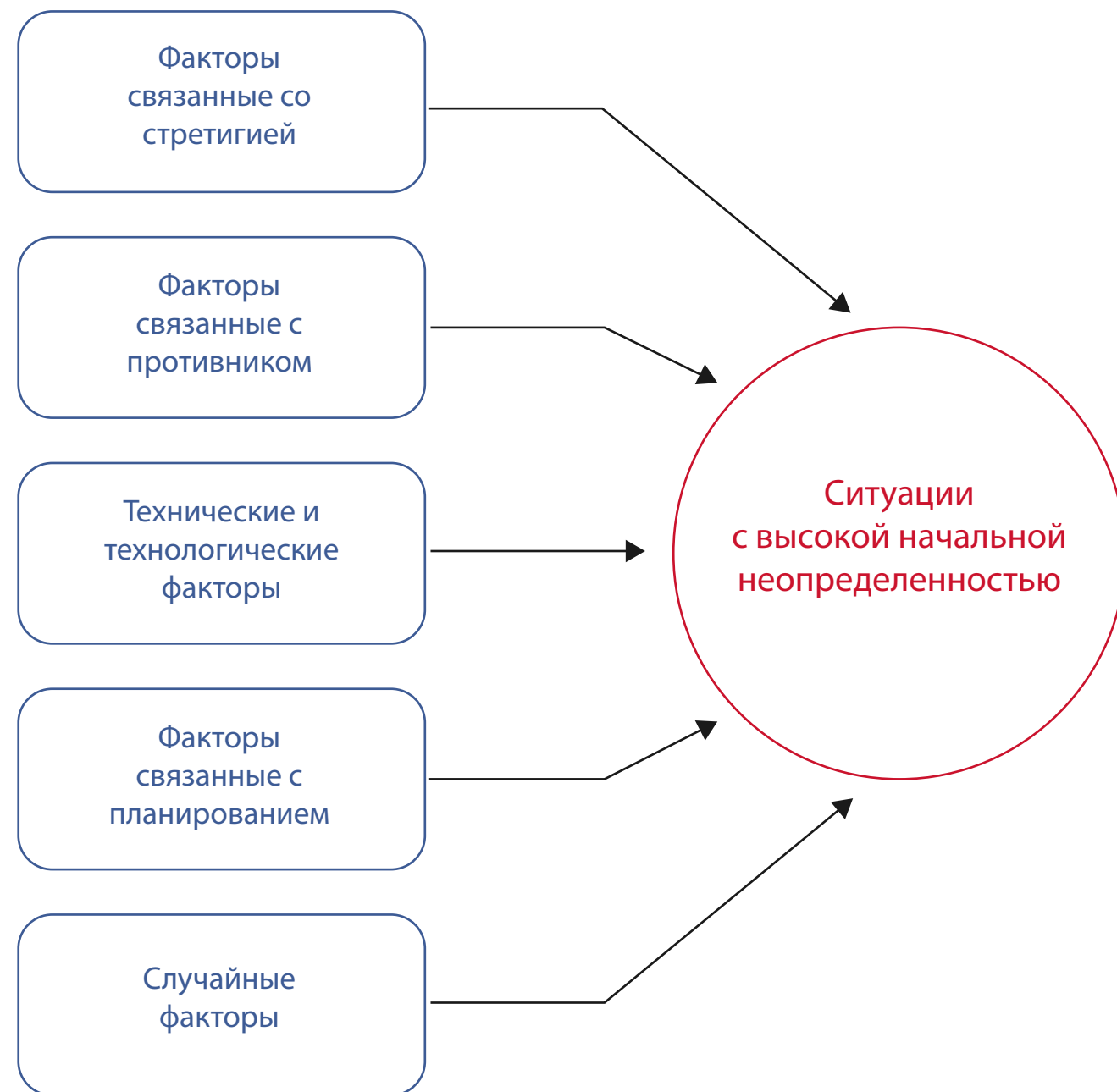
При коллективном принятии решения, главная роль принадлежит человеку или группе людей, которые фактически осуществляют выбор предпочтительного решения.

В *теории принятия решений* выделяют **лицо принимающее решение (ЛПР)** и активные группы людей, имеющих общие интересы к решаемой проблеме, требующей решения и как правило, стремящиеся оказать влияние на процесс выбора, тем самым добившись нужного им результата.

Активные группы (АГ) — окружение, в котором протекает процесс решения проблемы и действует ЛПР. Интересы различных активных групп могут как совпадать, так и отличаться друг от друга, а также от интересов и ЛПР. Подобные факторы могут влиять как положительно, так и отрицательно на процесс и результаты принятия решения.

В сложных ситуациях выбора или обоснования решения, могут привлекаться эксперты.

Эксперты — компетентные специалисты, профессионально разбирающиеся в области решаемой проблемы, обладающие необходимой или дополнительной информацией о решаемой проблеме, отдельных её аспектах. Эксперты оказывают помощь АГ и ЛПР в организации процесса правильной постановки задачи, обеспечивают сбор необходимой информации, участвуют в разработке модели, на основе которой рассматриваются те или иные аспекты проблемы, процедуры и методы оценки данных и т.д.



Неопределенность

Неопределенность может возникать во многих случаях, она характеризуется рядом случайных факторов. Распределение случайных факторов в некоторых случаях известно заранее, а в других случаях оно неизвестно или известно лишь случайно.

В ряде случаев, неопределенность возникает в зависимости от действий противника (в военном планировании) или конкурента (в деловой сфере).

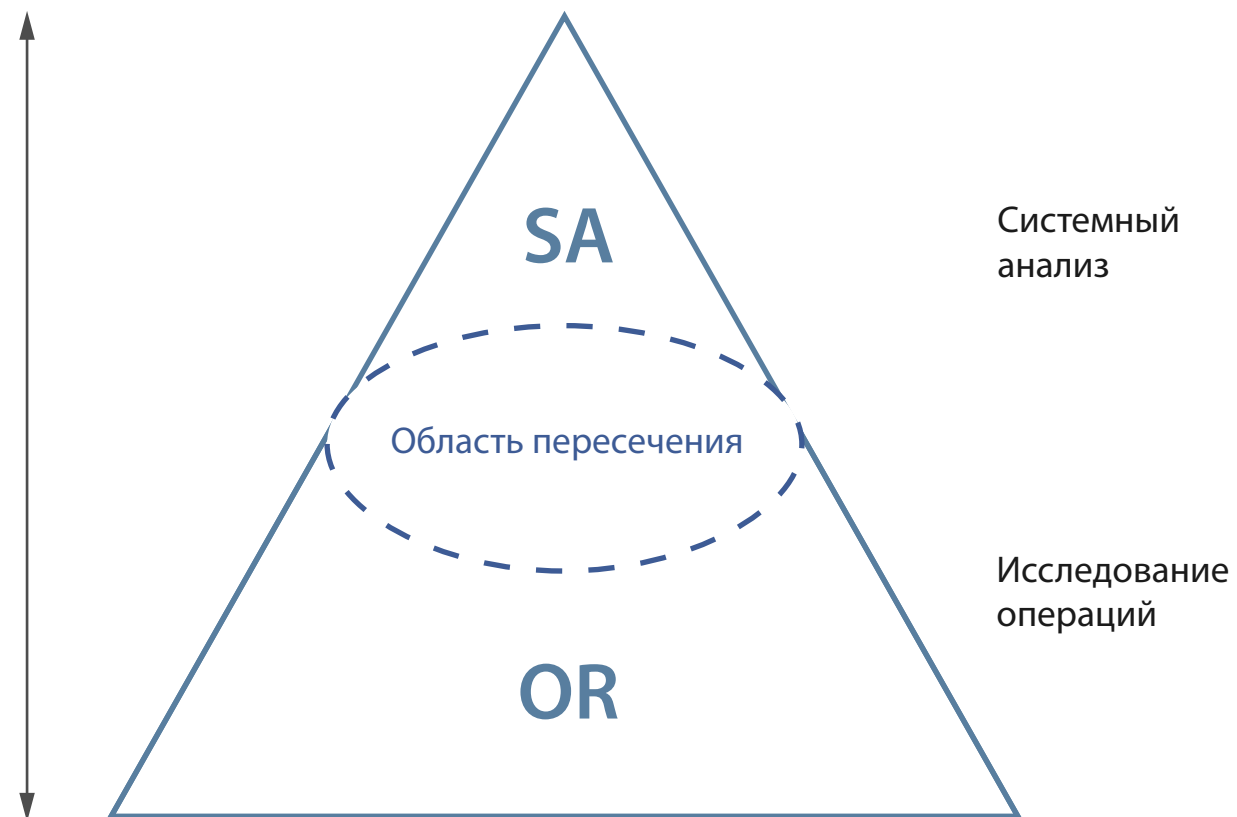
В качестве примера, можно привести классификацию, факторов, влияющих на степень неопределенности из первой работы по системному к анализу, рассматривавшей вопросы военного планирования (на схеме).

Неопределённости в организационно-экономических системах, достаточно наглядно рассматривается Кузьминым Е. А. в работе «Неопределенность в экономике: понятия и положения»:

1. Неопределённость рассматривается как мера наличия информации.
2. Неопределённость может восприниматься как возможность выбора альтернатив и множественность данного выбора (вариативность выбора).
3. Неопределённость определяет качество информации (достоверность, полнота, ценность, актуальность, ясность).
4. Неопределённость является атрибутивным источником риска.
5. Неопределённость предполагает неоднозначность реализации событий, порождаемая факторами неизвестной природы.
6. Неопределённость является естественным ограничителем управляемости и стабильности организационно-экономической системы.
7. Неопределённость отражает состояние системы по отношению к «идеальным условиям»

Системный анализ и исследование операций

Высокая неопределенность
Слабая начальная структурированность
Слабая формализация проблем
Противоречивость описания ситуации



Низкая неопределенность
Хорошо структурированные задачи
Хорошо формализуемые задачи
Полнота и непротиворечивость

Исходя из критериев оценки проблемных ситуаций, можно определить область приложения методов системного анализа и исследования операций.

Системный анализ будет ориентирован на решение проблем, находящихся в верхней части шкалы, на разрешение слабоструктурированных и слабоформализуемых проблем с высокой начальной неопределенностью.

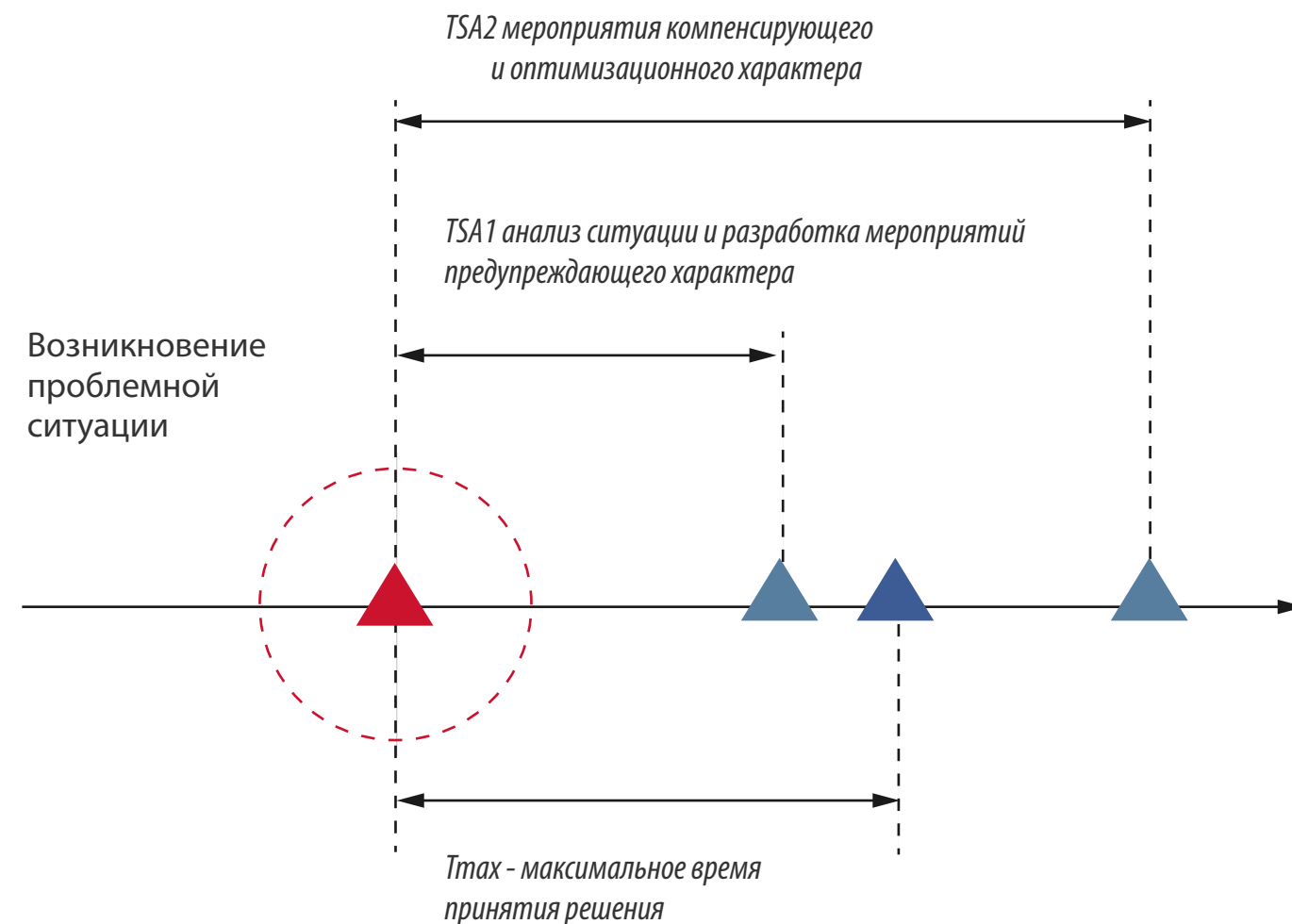
Исследование операций, будет ориентировано на решение хорошо формализуемых, зачастую типовых непротиворечивых задач с полной информацией. Причем, формализация не означает постановки задачи исключительно в аналитическом виде. Ряд задач исследования операций могут быть сформулированы с использованием аппарата теории вероятностей, представлены в виде эвристических, имитационных моделей, вычислительных алгоритмов.

Различение терминов «*проблема*» и «*задача*».

Задача — ситуация с явно заданной и хорошо сформулированной целью, как правило промежуточной по отношению к конечной, которую необходимо достичь, а также явно определенные условия и ограничения достижения этой цели.

Деятельность по достижению цели, может быть проблематизирована, то есть представлена как совокупность проблем, разрешение которых необходимо, для достижения целей, а проблемная ситуация, переформулирована в некоторую совокупность задач, решение которых обеспечивает разрешение проблемной ситуации и влияет на некоторую совокупность действий по достижению цели.

Граница области применения методов системного анализа и исследования операций размыта и достаточно условна. Важно так же обратить внимание на то, что методы системного анализа и исследования операций не единственные для решения проблем и задач практической деятельности, не являются панацеей.



Влияние фактора времени

Принятие решений в системах управления промышленностью, как правило связано с дефицитом времени: лучше принять не самое хорошее решение, но в требуемый срок, так как в противном случае оптимальное решение может не понадобиться.

Крайним случаем такого рода проблемы, являются ситуации, когда решение требуется принять оперативно, в реальном масштабе времени, практически не имея возможности для детального анализа всех альтернативных вариантов и возникающих последствий их реализации.

Поэтому, всё чаще решение приходится принимать в условиях неполной информации (её неопределенности или дефицита), и здесь нужно обеспечить возможность как можно в более сжатые сроки определить наиболее значимые для принятия решения сведения и наиболее объективные предпочтения, лежащие в основе принятия решения.

В подобных ситуациях, системный анализ может проводиться и на предупреждение возможных негативных последствий и как основа для разработки компенсирующих и оптимизирующих мероприятий, связанных с принятием не оптимального решения (если подобное допустимо).

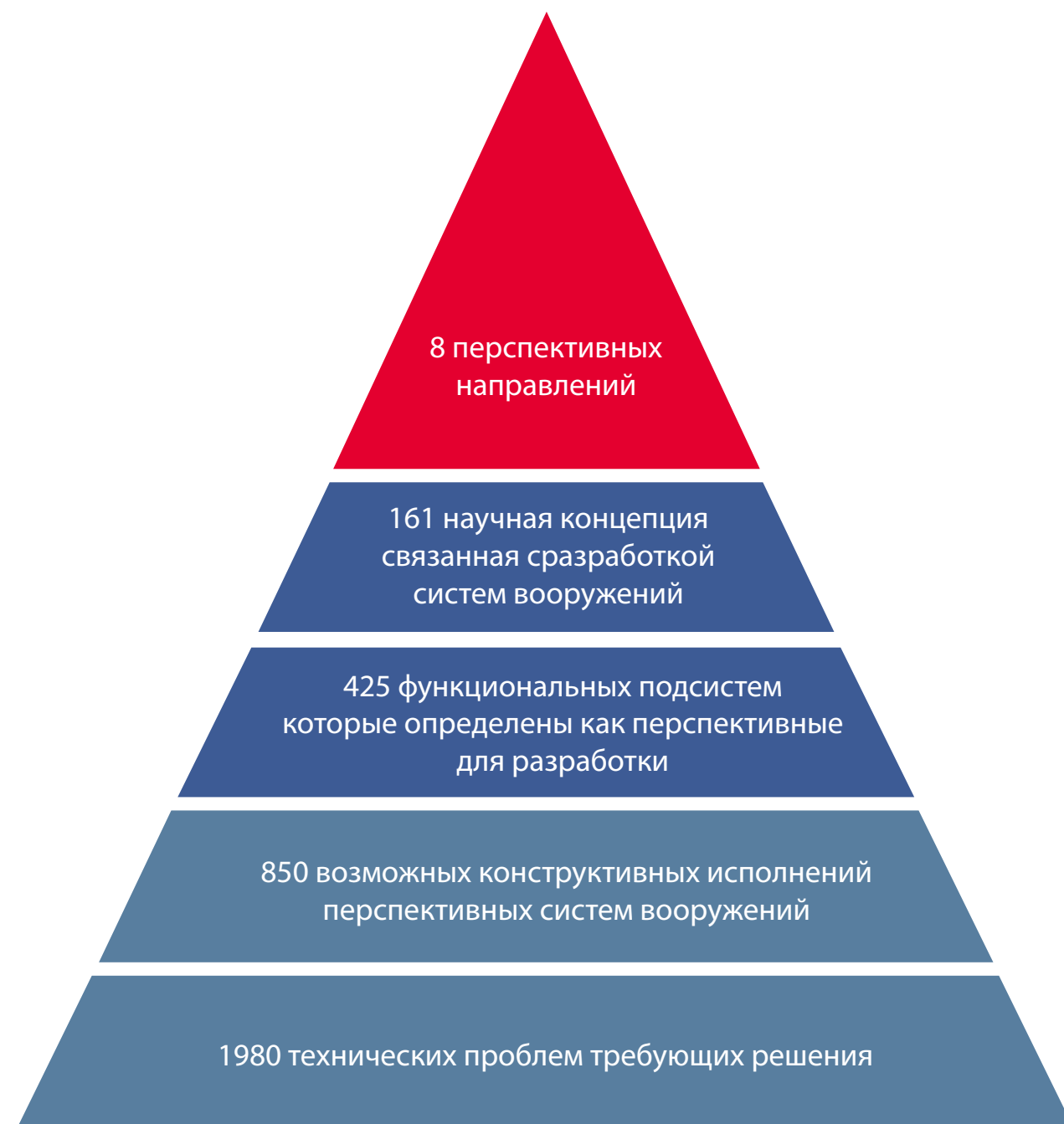
Для того, чтобы помочь в более сжатые сроки поставить задачу, вовремя и/или заблаговременно проанализировать цели, определить возможные средства, отобрать либо пополнить требуемую информацию, а в идеале — получить выражение, связывающее цель со средствами, применяются системные представления, приемы и методы системного анализа.

Следует отметить особую роль системного подхода в целом и системного анализа в частности при осуществлении планирования, прогнозирования и управлении рисками.

Практическое использование системного подхода в процессе производственного (экономического) прогнозирования и использование инструментов исследования операций, составляют основу научного подхода к принятию управленческих решений.

Классификация
задач принятия
решения

По регулярности проблемной ситуации	По длительности периода реализации	По виду окончательного результата и способам представления	По вариантам решения	По особенностям используемой информации
1. Единичная 2. Повторяющаяся	1. Долгосрочные Стратегические 2. Среднесрочные Тактические 3. Краткосрочные Оперативные	1. Выделить один или несколько лучших вариантов 2. Упорядочить все варианты по некоторым критериям 3. Распределить все варианты по группам 4. По способам представления 4а. Целостные 4б. Критериальный выбор - однокритериальные - многокритериальные 5. По зависимости критериев 5а. Зависимые критерии 5б. Независимые критерии	1. Количество вариантов 1а. Отсутствуют 1б. Немного 1в. Много 1г. Бесконечно много 2. По наличию в процессе постановки задачи 2а. Варианты заданы процессе постановки задачи 2б. Варианты конструируемые в процессе решения 2в. Варианты которые определяются после рассмотрения решения 3. По степени взаимной зависимости 3а. Зависимые варианты 3б. Независимые варианты	1. По виду информации 1а. Количественная 1б. Качественная 1в. Смешанная 2. По характеру используемой информации 2а. Объективная, полученная путем наблюдений или измерений 2б. Субъективная, полученная от человека (людей) 3. По степени определенности информации 3а. Детерминированная 3б. Вероятностная 4. По полноте наличия информации 4а. С полной информацией 4б. С неполной информацией



Целевое управление

Иерархические представления являются средством исследования ситуаций с большой начальной неопределенностью: происходит расчленение «большой» неопределенности, на более мелкие, лучше поддающиеся исследованию. При этом, неопределенности более мелкого масштаба не удается сразу полностью раскрыть и объяснить, однако иерархическое упорядочение частично снимает общий уровень неопределенности и обеспечивает управление и контроль над принятием решений.

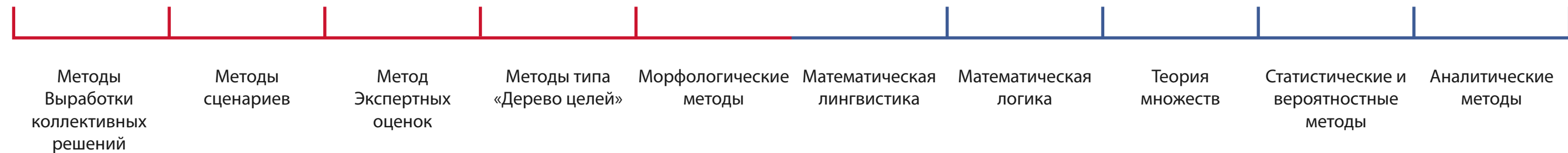
На схеме представлена иерархически упорядоченная структура военного планирования по разработке систем вооружений BBC США в 60-х гг. (по материалам работы «Анализ систем»). Первой методикой системного анализа, в которой были определены порядок, методы формирования и оценки приоритетов элементов структур целей, была методика ПАТТЕРН(PATTERN).

Назначением и конечной целью создания системы ПАТТЕРН была подготовка и реализация планов обеспечения военного превосходства. Перед разработчиками методики стояла задача: связать воедино военные и научные планы правительства. В дальнейшем на основе данной методики и альтернативных методик, были разработаны концепции целевого и программно-целевого планирования и управления.

В нашей стране работы подобного рода начались с исследований опыта США. В исторической хронологии, это работы ленинградской школы прогнозирования В.А, Чабовского 1973–73 гг. и работы Ю.И, Черняка 1973–75 гг.

Одна из принципиальных особенностей системного анализа — разработка и использование средств для формирования и анализа целей и функций систем управления.

Методология системного анализа



Перевод вербального описания ситуации в формальное, и наоборот интерпретация и результатов моделирования стали важной частью каждого этапа моделирования систем.

Для решения вопроса перевода вербального описания или проблемой ситуации в формальное отображение стали развиваться специальные приемы и методы «сценариев», «экспертных оценок», «дерева целей» и т.д.

Развитие математики также шло по пути расширения средств постановки и решения трудноформализуемых задач. Наряду с детерминированными, аналитическими методами классической математики возникла теория вероятностей и математическая статистика как средство доказательства адекватности модели на основе представительной выборки и понятия «вероятность» для оценки правомерности применения модели и результатов моделирования.

Для задач с большой степенью неопределенности, стали привлекать теорию множеств, математическую логику, теорию графов и т.д. Математика начала накапливать средства для работы с неопределенностью и со смысловыми категориями, которые ранее классическая математика исключала из объектов своего рассмотрения.

Между неформальным, образным мышлением человека и формальными моделями классической математики сложился спектр методов, которые помогают получать и уточнять вербальное описание проблемной ситуации, с одной стороны и объяснять формальные модели, связывать их с реальным миром, с другой стороны. Можно условно разделить все методы на два больших класса: методы формального представления систем (МФПС) и методы активизации интуиции и опыта специалистов (МАИС).

Классификация методов моделирования в системном анализе



МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ИНТУИЦИИ И ОПЫТА СПЕЦИАЛИСТОВ (МАИС)

1. Методы выработки коллективных решений

Основаны на том предположении, что среди большого числа идей есть по крайней мере несколько хороших и полезных, которые нужно выявить. Такие методы, отличаются от обычного обсуждения специальными правилами и процедурами, методиками отбора и оценки предложений. Подгруппы: «мозговая атака», «сценарии», групповых дискуссий.

2. Методы структуризации

Базируются на идее корректного разделения ситуации с высокой начальной неопределенностью на мелкие, лучше поддающиеся анализу. Подгруппы: «дерево целей», SWOT и STEP-анализ.

3. Методы экспертных оценок

Предназначены для анализа сложных систем на качественном уровне. При использовании экспертных оценок допускают, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного эксперта, что справедливо для некоторых типов рассматриваемых проблем. Используют правила, которые позволяют проводить опрос экспертов и обрабатывать результаты. Ряд методик предусматривают процедуры для снижения влияния психологических факторов. Обработка оценок проводится с использованием математических инструментов.

4. Морфологические методы

Ключевая идея морфологического подхода — выявлять наибольшее число вариантов решения поставленной проблемы путем комбинирования основных структурных элементов системы или их признаков. При этом сама система или проблема может разбиваться на части разными способами и рассматриваться в различных аспектах.

5. Специальные методы

Группа методов, сочетающих в себе МАИС в разных комбинациях.

МЕТОДЫ ФОРМАЛИЗОВАННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМ (МФПС)

1. Методы дискретной математики

Применяются при исследовании систем и структур, в которых характер отношений между элементами еще не настолько ясен, чтобы было возможно их описание аналитическими методами, а статистические исследования либо затруднены, либо не привели к выявлению устойчивых статистических закономерностей. Позволяют описывать системы логико-графическими средствами или в категориях теории множеств. Однако свобода введения произвольных отношений может приводить к тому, что в формализованном описании зачастую возникают непреодолимые противоречия.

2. Методы теории вероятностей и математической статистики

Применение статистических методов, расширяет возможности отображения сложных объектов и процессов. Постановка задачи, частично заменяется статистическими исследованиями. Они позволяют, не выявляя все связи между изучаемыми элементами системы получать статистические закономерности и распространять их с определенной вероятностью на поведение системы в целом. Однако не всегда можно получить достоверные статистические закономерности.

3. Аналитические методы

Применяются тогда, когда свойства системы можно достоверно отобразить с помощью детерминированных величин или зависимостей, когда знание о процессах и событиях в некотором интервале времени позволяют полностью определить их поведение вне этого интервала времени. Для сложных, многокомпонентных и многокритериальных систем получить требуемые аналитические зависимости крайне трудно. Если это удастся, то практически невозможно доказать правомерность применения таких выражений, установить адекватность модели рассматриваемой задаче.

МОДЕЛИРОВАНИЕ

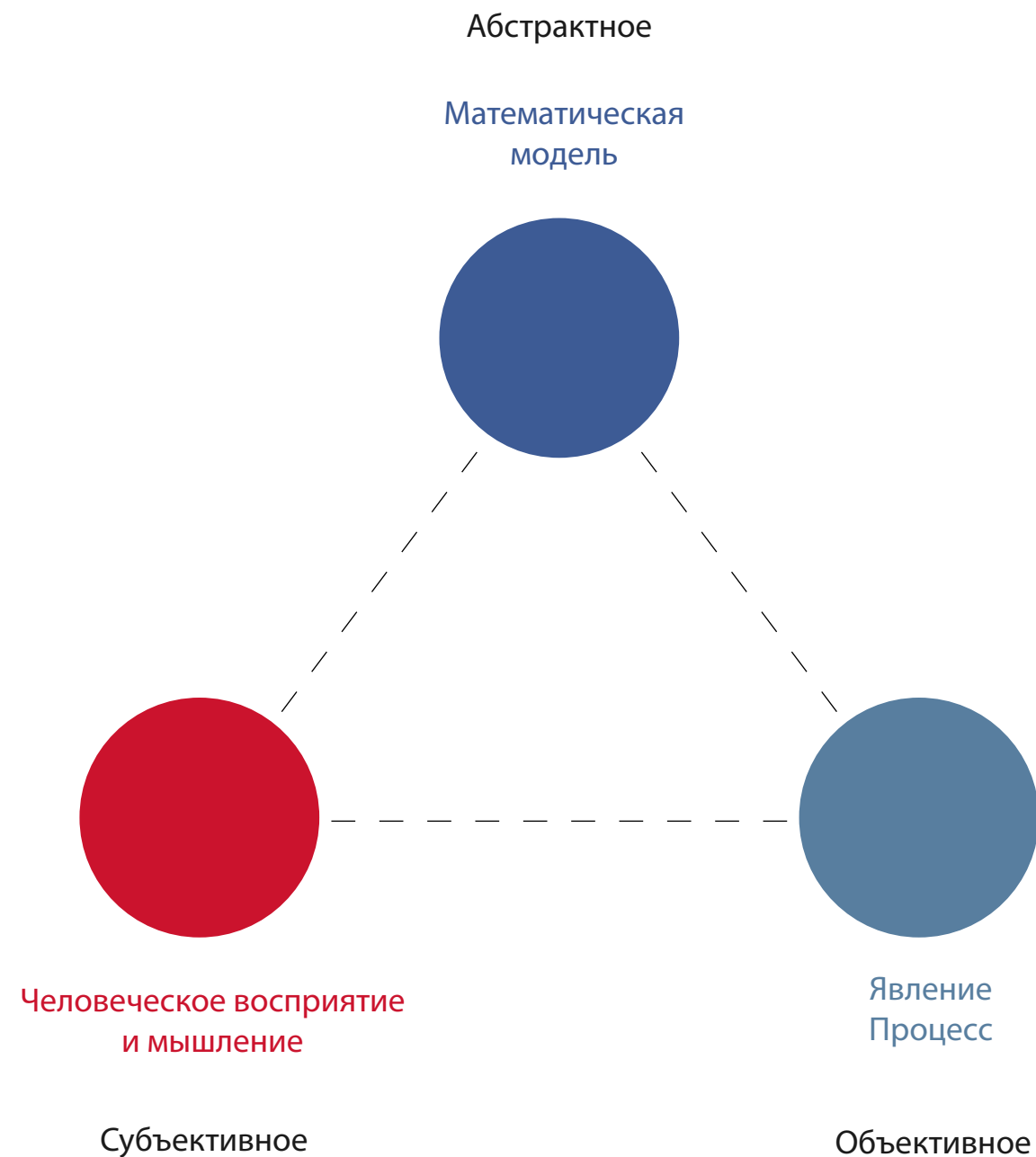
Модель — это материальный или абстрактный объект, который в процессе изучения замещает объект-оригинал (явление), сохраняя для данного исследователя некоторые важные для данного исследователя типичные его черты.

Если результаты моделирования могут служить для прогнозирования поведения или свойств исследуемого объекта, то говорят, что модель адекватна объекту. Адекватность модели зависит от целей моделирования и принятых критериев оценки.

В качестве одной из основных характеристик модели выступает простота или сложность модели. Из двух моделей, позволяющих с заданной точностью достигать желаемой цели и получать требуемые результаты, предпочтительна более простая. Адекватность и простота модели — это не всегда противоречивые требования. Целесообразная экономичность — это одно из важных требований к модели. Точность и польза получаемых результатов решения задачи должны увязываться с затратами на моделирование.

Модель нужна для того, чтобы:

1. Понять, как устроен конкретный объект: какова его структура, внутренние связи, основные свойства, законы развития, саморазвития и взаимодействия со средой.
2. Научиться управлять системой, определять наилучшие способы управления при заданных целях и критериях;
3. Прогнозировать прямые и косвенные последствия реализации заданных способов и форм воздействия на объект.



Проблема адекватности модели

Исследователь, через наблюдение субъективно воспринимает явления физического мира или некоторые социальные процессы. Он описывает их с помощью формального языка в математической модели, которая в свою очередь соответствует описываемым явлениям. Таким образом, строится соответствие: *явление — субъективное восприятие человека — описание явления формальным языком — соответствие явлению*.

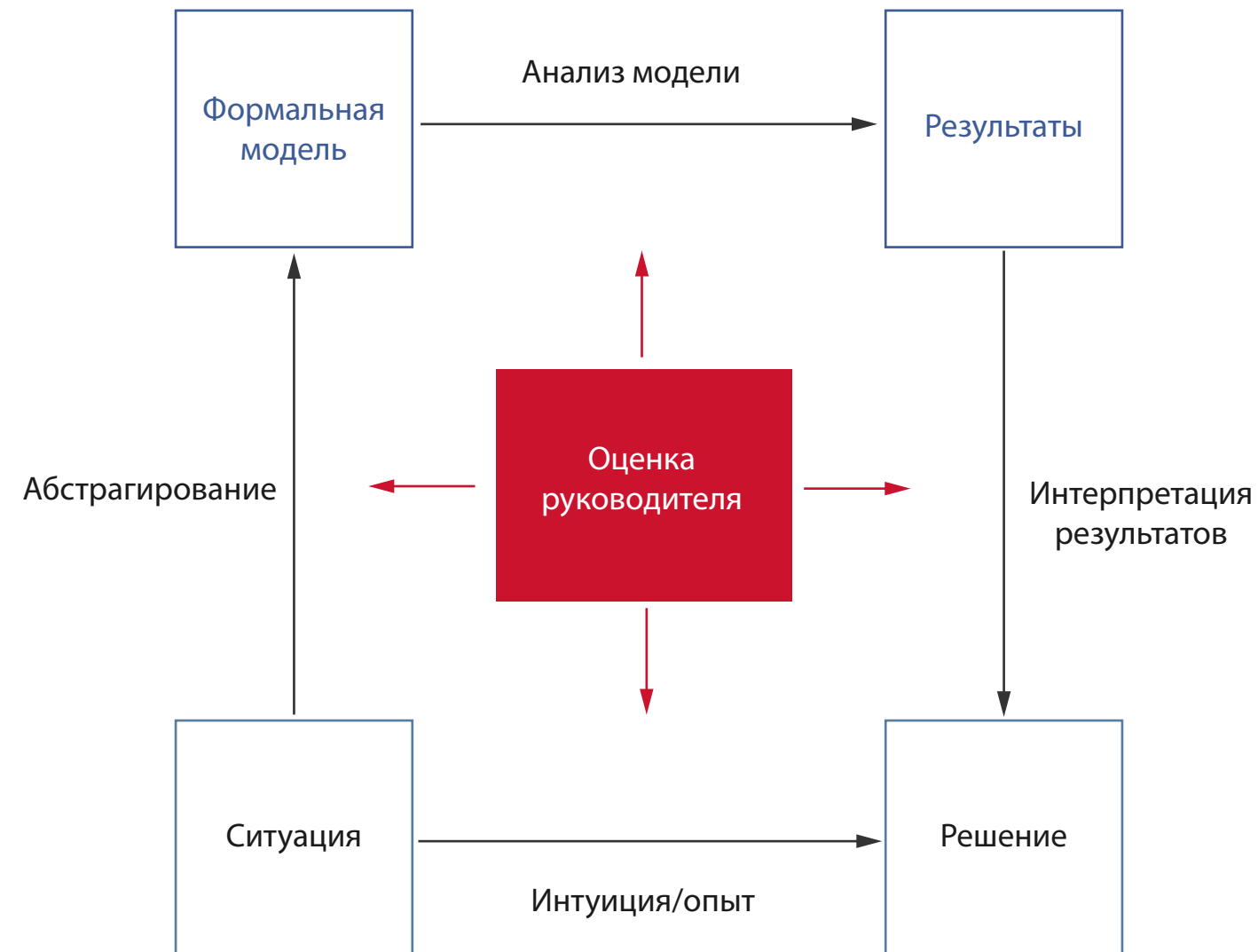
Если модель создавалась другими людьми: *человек субъективно воспринимает математическую модель — определяет по ней некоторые закономерности — сравнивает эти закономерности с явлениями реального мира*.

Модель выступает как описание явления или ситуации физического мира. Если эта схема соответствия рассогласованна, объективная оценка ситуации невозможна. Источники ошибок:

1. Со стороны мира. Ситуация или явление изменились — модель и её восприятие человеком, более не адекватны реальности.
2. Со стороны математической модели. Модель неадекватно отражает некоторое положение дел физического мира.
3. Со стороны человека. Модель адекватно отражает явление, но неправильно интерпретируется. Это могут быть различные когнитивные искажения человека или недостаток знаний для интерпретации.
4. Комбинированная ошибка. Сочетает в себе несколько вышеприведенных ошибок.

Модель не тождественна реальности. В модели невозможно отразить всё многообразие реального мира. Такая модель либо станет невычислимой, либо бесполезной, либо неадекватной. Модель — отражает только значимые характеристики наблюдаемого явления, а соответственно «работает» исключительно в рамках заданных условий.

Человеческому мышлению, не смотря на все его огромные возможности, свойственны «когнитивные ошибки» или «когнитивные искажения», которые связаны с восприятием и интерпретацией тех или иных фактов. Часто интерпретация модели может осложняться недостатком знаний.



Интерпретация данных моделирования.

В ряде источников, посвященных вопросам управления на основе данных моделирования, приведена характерная схема оценки и принятия решения. Например, цитата из первой работы по системному анализу «Анализ сложных систем»:

«... В военном планировании по прежнему решающую роль играет человек-руководитель, который принимает решение в пределах своих полномочий и несет ответственность за их последствия. Роль специалистов в подготовке решения заключается в том, что они должны предоставить в распоряжение руководителя рекомендации, полученные в результате анализа проблемы, на основе которых можно принять решение... Руководитель не должен дать себя ослепить блеском математического аппарата, использованного при подготовке вариантов решений, а обязан критически рассмотреть исходные данные и предположения, принимать решения не только в соответствии с предполагаемыми рекомендациями, полученными расчётным путём, но и в соответствии со здравым смыслом и логикой суждений... Выводы

1. *Неправильно смотреть на интуицию и анализ, на ум и компьютер как на соперников или взаимоисключающие факторы. При правильном использовании, они дополняют друг друга. Любое решение, которое кажется основанным на интуиции, вероятно, принимается с помощью своего рода анализа*
2. *Хотя интуиция и способна давать удивительные результаты, она может так же не принести успеха.*
3. *Недостатком интуиции является то, что без аналитической проверки, скорее всего вы не узнаете, насколько она справедлива.*
4. *Аналитические методы и вычислительная техника позволяют делать то, что сделать другим путем было бы невозможно».*

Системный анализ способен описывать проблемные ситуации, переводить их в задачи, взаимодействовать с формальными моделями, учитывать роль индивидуального опыта и интуиции специалистов в разнообразных областях знаний.

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Методы организации системного анализа разрабатывают и применяют в тех случаях, когда на начальном этапе исследования нет достаточных сведений о проблемной ситуации, позволяющих выбрать метод её формализованного представления, сформировать математическую модель или применить один из подходов к моделированию, сочетающих качественные и количественные инструменты.

В таких случаях может помочь представление объекта в виде системы, организация процесса коллективного принятия решений с привлечением специалистов различных областей знаний, с использованием разных методов формализованного представления систем и методов активизации интуиции и опыта специалистов, со сменой подходов по мере разрешения проблемной ситуации.

Для того, чтобы организовать такой процесс, определяют последовательность этапов, определяют методы для их выполнения, предусматривают при необходимости возврат к предыдущим этапам. В одних методиках основное внимание уделяется разработке и исследованию альтернатив принятия решений, в других — этапу обоснования цели и критериев, структуризации цели, в-третьих — наиболее важным является выбор решения. Методика системного анализа разрабатывается для того, чтобы организовать процесс принятия решений в сложных проблемных ситуациях или организовать сложные исследования. Как правило в методике сочетаются различные методы моделирования.

В реальных условиях выполнение отдельных этапов анализа может занимать достаточно много времени. Поэтому для более четкого выполнения этапов возникает необходимость в большей детализации, разделении этапов на подэтапы, и более четкого определения конечных результатов их выполнения.

Методики системного анализа

Методика по Оптнеру	Методика по Квейду	Методика по Янгу	Методика по Голубкову	Методика по Черняку
1. Идентификация симптомов	1. Постановка задачи. Определение существа проблемы, выявление целей		1. Постановка задачи	1. Постановка задачи 2. Определение системы
2. Определение актуальности проблемы			2. Исследование	3. Анализ структуры системы
3. Определение цели	2. Поиск. Сбор необходимых сведений, определение альтернативных средств достижения целей	1. Определение цели систем	3. Анализ	4. Формирование общей цели и критерия
4. Вскрытие структуры системы и её дефектных элементов		2. Выявление проблем		5. Декомпозиция цели, выявление потребности в ресурсах и процессах
5. Определение структуры возможностей		3. Исследование проблем и диагностика		6. Выявление ресурсов и процессов, композиция целей
6. Нахождение альтернатив		4. Поиск решения проблемы		7. Прогноз и анализ будущих условий
7. Оценка альтернатив	3. Толкование. Построение модели и её использование	5. Оценка всех альтернатив и выбор наилучшей из них	4. Предварительное суждение	8. Оценка целей и средств
8. Выбор альтернатив				9. Отбор вариантов
9. Составление решения		6. Согласование решений		
10. Признание решения коллективом руководителей и исполнителей	4. Рекомендация. Определение предпочтительной альтернативы или курса действий	7. Утверждение решения	5. Подтверждение	10. Диагноз существующей системы
11. Запуск процесса реализации решения		8. Подготовка к вводу	6. Окончательное решение	11. Построение комплексной программы развития
12. Управление процессом реализации решения	5. Подтверждение. Экспериментальная проверка решения	9. Управление применением решения		
13. Оценка реализации решения и её последствий		10. Проверка эффективности решения	7. Реализация принятого решения	12. Проектирование организации для достижения целей

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Применяется в тех случаях, когда требуется организовать какое-то целенаправленное мероприятие (система действий), которое можно организовать тем или другим способом, то есть выбрать некоторое решение из ряда возможных вариантов. Причем каждый из вариантов обладает некоторыми преимуществами и недостатками, причем в силу сложившейся ситуации, сразу не ясно, какой из вариантов предпочтительнее и почему.

Операция — всякое мероприятие, объединённое единым замыслом и направленное к достижению какой-то цели. Операция всегда является управляемым мероприятием, то есть зависит от человека, каким способом выбрать параметры, характеризующие её организацию.

Оптимальные решения — решения, которые по тем или другим признакам более предпочтительны в сравнении с другими.

Цель исследования операций — предварительное количественное обоснование оптимальных решений с опорой на показатель эффективности. Само принятие решения выходит за рамки исследования операций и относится к компетенции ответственного лица (лиц).

Методы исследования операций наиболее эффективны в отношении хорошо формализуемых задач, которые допускают количественную формулировку, их наиболее существенные зависимости выражаются объективными моделями и представляются в символической форме, где символы принимают числовые значения.

Методология исследования операций помимо расчётов, уделяет особое внимание процессу постановки задачи, выбору математических моделей, интерпретации и осмыслению результатов расчёта.

В связи с широким распространением информационных технологий, большинство математических инструментов исследования операций, так или иначе реализованы в ряде программных средств. Решение комплексных задач повышенной важности производится на суперкомпьютерах. Применять методы исследования операций можно и на малых предприятиях, используя персональные компьютеры. Использование программных средств, значительно облегчает и автоматизирует рутинные вычисления, однако роль специалистов, участвующих в процессе работы с информацией и расчётными данными, остается решающей.

ООО «Лаборатория системного анализа»

phone: +7(952)268-66-40

e-mail: info@system-laboratory.ru

www.system-laboratory.ru

ИНН 7810621760 КПП 781001001 ОГРН 1167847415955 ОКПО 05281423

196105, Санкт-Петербург, ул. Свеаборгская, д. 13. Помещение 2Н, Офис 1А