

С. Оптнер

**Системный анализ для решения деловых
и промышленных проблем**

Москва
Советское радио
1969 г.

Содержание

Системный анализ: этап развития методологии решения проблем в США	3
Предисловие	15
Введение	16
Характеристика проблем делового мира	19
Решение проблем делового мира с помощью систем	19
Общая схема решения проблем	21
Экспериментатор и эксперимент	22
Экспериментальный метод	23
Количественный анализ	24
Количественно-качественные проблемы	25
Метод и методология	26
Слабоструктуризованные проблемы	27
Трудности с данными	28
Сущность систем	30
Что такое система!	30
Физические и абстрактные системы	30
Естественные системы и системы, сделанные человеком	31
Человеко-машинные системы	33
Полная система	34
Параметры системы	35
<i>Вход, процесс и выход</i>	35
<i>Управление с помощью обратной связи</i>	37
<i>Ограничения систем</i>	39
Операционное описание систем	39
Отношения между компонентами обратной связи	42
Модель выхода	43
Операция проверки соответствия	45
Модель воздействия	48
Выбор места и времени воздействия	49
Выбор формы воздействия	49
Влияние воздействия на работу системы	49
Содержание воздействия и обратная связь	50
Воздействие в ограниченном интервале времени	50
Примеры воздействия	51
Управление решением проблем	52
Идея решения проблемы	52
<i>Проблема</i>	52
<i>Решение</i>	53
<i>От проблемы к решению</i>	53
Управляемый эксперимент	54
Критерии, позволяющие судить о решении проблемы	55
Этапы процесса решения проблемы	56
Формулирование проблемы	56
Работа по формулированию проблемы	58
План исследования проблемы	59
Обращение с альтернативами, предположениями, критериями и риском	59
Выбор альтернатив	60
Определение предположений	63
Ограничение проблемы	65
Формулирование критериев	65
Оценка риска	66
Альтернативы и выборы вариантов	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69

Системный анализ: этап развития методологии решения проблем в США

С. П. НИКАНОРОВ

Проблемы выбора вооружения для армии, авиации и флота США; «вечные» проблемы капиталистических корпораций — выбор наиболее выгодной продукции, выбор направлений развития и др.; проблемы развития городов, в том числе проблемы городского транспорта, определение национальной политики в области ресурсов, в частности водных ресурсов,—эти и подобные проблемы США в 40—50х гг. начали приобретать существенно новый характер. Масштаб проблем возрос, некоторые проблемы, например связь с помощью спутников, стали проблемами глобального масштаба. Резко возросли комплексность и сложность проблем. Усилилась зависимость между отдельными вопросами, которые раньше казались несвязанными. Актуальность решения проблем значительно возросла. Затраты на реализацию того или иного решения могли достигать многих десятков, сотен миллионов или даже миллиардов долларов, а риск неудачи становился все ощутимее. Требовался учет все большего числа взаимосвязанных обстоятельств, а времени на решение становилось все меньше.

Причины, вызвавшие эти изменения в характере проблем США, многочисленны и разнообразны. Их анализ—предмет специальных исследований. Можно только отметить, что среди них находятся такие, как осложнение внутренних и внешних задач, возникших перед США и американскими корпорациями в социально-политических условиях послевоенного мира, агрессивные и экспансионистские цели США—с одной стороны, бурное развитие науки и техники, предоставившее новые огромные возможности,—с другой стороны.

Основным вопросом при решении любых проблем — независимо от их области, содержания и характера— был вопрос выбора наиболее подходящей альтернативы решения. В свою очередь выбор альтернативы зависел от способности оценить эффективность каждой альтернативы и необходимые для ее реализации затраты. Подобные операции были освоены в области инвестирования капитала и развития промышленности еще до второй мировой войны. Для их выполнения был предложен ряд методов, которые, однако, почти не использовались для решения вопросов вооружения. Работы по созданию системы оружия начинались без рассмотрения того, как она будет использоваться, сколько будет стоить и оправдает ли ее вклад в оборону затраты на ее создание¹. Причина подобного положения заключалась в том, что в то время относительные затраты на вооружение были невелики, возможностей для выбора было мало, поэтому фактически использовался принцип «ничего, кроме самого лучшего». Во время второй мировой войны и, особенно, с началом «атомного века» расходы на создание оружия возросли во много раз и этот подход стал неприемлемым. Его постепенно заменял другой: «только то, что необходимо и за минимальную стоимость». Однако для реализации нового принципа нужно было уметь находить, оценивать и сравнивать альтернативы оружия.

Методы, использовавшиеся в промышленности и коммерции, а также разработанные к этому времени модели исследования операций не могли быть использованы из-за свойственных им ограничений. Требовались методы, которые позволили бы анализировать сложные проблемы как целое, обеспечивали рассмотрение многих альтернатив, каждая из которых описывалась большим числом переменных, обеспечивали полноту каждой альтернативы, помогали вносить измеримость, давали возможность отражать неопределенности. Получившаяся в результате развития и обобщения широкая и универсальная методология решения проблем была названа ее авторами «системный анализ». Новая методология, созданная для решения военных проблем, и была прежде всего использована в этой области. Однако очень скоро выяснилось, что проблемы гражданские, проблемы фирм, финансовые и многие другие проблемы не только допускают, но и требуют применения этой методологии.

Широкое применение системного анализа способствовало его совершенствованию, а характерное для США стремление придавать всему «товарную» форму помогло его конституированию. Системный анализ быстро впитал в себя достижения многих родственных и смежных областей и различных подходов и превратился в самостоятельную, богатую формами и областями приложений, уникальную по своему назначению и характеру научную и прикладную дисциплину и область профессиональной деятельности.

Поскольку практически действующая методология есть не что иное, как основанная на этой методологии деятельность различных организаций по решению проблемы, системный анализ начал оказывать глубокое влияние на понимание и практику руководства решением проблем и вообще на организацию и руководство.

Советский читатель еще мало знаком с историей и содержанием системного анализа. Между тем знакомство с системным анализом, его приложениями и результатами представляет большой интерес. Изучение объективной основы системного анализа, его общего подхода и его частных методов может быть весьма полезным при разработке вопросов методологии перспективного планирования отраслей народного хозяйства и экономических районов, при выборе направлений развития техники, при решении вопросов совершенствования организации и управления народным хозяйством, в частности, при создании машинных систем управления, при решении вопросов организации научно-исследовательских работ и разработок новой техники и многих других.

В то же время изучение системного анализа требует от советского читателя определенного внимания для выделения объективных элементов методологии из той социально-обусловленной формы, в которой она заключена в американской литературе и практике. Решение проблем осуществляется при любом типе социально-экономической организации общества. Однако конкретные формы проявления проблем и их содержание, причины их возникновения, формы организации решения проблем и содержание решений всецело зависят от типа общественно-экономической формации. Проблемы «делового мира и промышленности» в конечном счете есть проблемы развитой

¹ Ч. Хит ч. Руководство обороной. Изд-во «Советское радио», 1968, стр. 98.

капиталистической страны. Формы решения проблем определяются организацией руководства государственными учреждениями, например министерством обороны, и частными предприятиями.

Изучение системного анализа и истории его развития может представить определенный интерес для понимания некоторых сторон научного и общественного развития в США.

Чтобы помочь читателю ориентироваться в кругу вопросов, касающихся системного анализа, в статье помимо характеристики книги Оптнера кратко рассматриваются: основные понятия и идеи системного анализа, вклад системного анализа в методологию решения проблем и совершенствование организации, история развития приложений системного анализа в США, литература по системному анализу, границы системного анализа и возможные тенденции его развития.

2

Проще всего составить представление о системном анализе, перечислив его самые основные понятия и утверждения.

Системный анализ—это методология решения крупных проблем, основанная на концепции систем. Системный анализ может также рассматриваться как методология построения организаций, поскольку организаций могут рассматриваться как то, что реализует методологию решения проблем. Оба эти определения неразрывно связаны, однако мы вначале рассмотрим методологию решения проблем как таковую, а затем ее влияние на организацию. При этом мы будем в основном следовать С. Л. Оптнеру и С. Янгу.

Как уже говорилось, в центре методологии системного анализа находится операция количественного сравнения альтернатив, которая выполняется с целью выбора альтернативы, подлежащей реализации. Если требование равнокачественности альтернатив выполнено, могут быть получены количественные оценки. Но для того, чтобы количественные оценки позволяли вести сравнение альтернатив, они должны отражать участвующие в сравнении свойства альтернатив (выходной результат, эффективность, стоимость и другие). Достичь этого можно, если учтены все элементы альтернативы и даны правильные оценки каждому элементу. Так возникает идея выделения «всех элементов, связанных с данной альтернативой», т. е. идея, которая на обыденном языке выражается как «всесторонний учет всех обстоятельств». Выделяемая этим определением целостность и называется в системном анализе *полной системой* или просто *системой*. Система, таким образом, есть то, что решает проблему.

Но как выделить эту целостность, «систему», как установить, входит данный элемент в данную альтернативу или нет? Единственным критерием может быть участие данного элемента в процессе, приводящем к появлению выходного результата данной альтернативы. Коль скоро это так, понятие *процесса* оказывается центральным понятием системного анализа.

Таким образом, то, что прежде всего должно быть выделено, если мы хотим думать и действовать «системно», есть процесс. Не может быть системного мышления без ясного понимания процесса.

Система определяется заданием системных объектов, свойств и связей. Системные объекты — это **вход, процесс, выход, обратная связь и ограничение**.

Входом называется то, что изменяется при протекании данного процесса. Во многих случаях компонентами входа являются «рабочий вход» (то, что «обрабатывается») и процессор (то, что «обрабатывает»). Выходом называется результат или конечное состояние процесса. Процесс переводит вход в выход. Способность переводить данный вход в данный выход называется свойством данного процесса. Связь определяет следование процессов, т. е. что выход некоторого процесса является входом определенного процесса. Всякий вход системы, является выходом этой или другой системы, а всякий выход—входом. Выделить систему в реальном мире значит указать все процессы, дающие данный выход. Искусственные системы это такие, элементы которых сделаны людьми т.е. являются выходом сознательно выполняемых процессов человека.

Во всякой искусственной системе существуют три различных по своей роли подпроцесса: основной процесс, обратная связь и ограничение. Основной процесс преобразует вход в выход. Обратная связь выполняет ряд операций: сравнивает выборку выхода с моделью выхода и выделяет различие, оценивает содержание и смысл различия, вырабатывает решение, сочлененное с различием, формирует процесс ввода решения (вмешательства в процесс системы) и воздействует на процесс с целью сближения выхода и модели выхода. Процесс ограничения возбуждается потребителем (покупателем) выхода системы, анализирующим ее выход. Этот процесс воздействует на выход и управление системы, обеспечивая соответствие выхода системы целям потребителя. Ограничение системы, принимаемое в результате процесса ограничения, отражается моделью выхода. Ограничение системы состоит из цели (функции) системы и принуждающих связей (качеств функции). Принуждающие связи должны быть совместимы с целью.

Всякая система состоит из подсистем. Всякая система является подсистемой некоторой системы. Постулируется, что любая система может быть описана в терминах системных объектов, свойств и связей. Граница системы определяется совокупностью входов от окружающей среды. Окружающая среда—это совокупность естественных и искусственных систем, для которых данная система не является функциональной подсистемой.

Проблемой называется ситуация, характеризующаяся различием между необходимым (желаемым) выходом и существующим выходом. Выход является необходимым, если его отсутствие создает угрозу существованию или развитию системы. Существующий выход обеспечивается существующей системой. Желаемый выход обеспечивается желаемой системой. Проблема есть разница между существующей и желаемой системой. Проблема может заключаться в предотвращении уменьшения выхода или же в увеличении выхода. Условие проблемы представляет существующую систему («известное»). Требование представляет желаемую систему. Решение проблемы есть—то, что заполняет промежуток между существующей и желаемой системами. Система, заполняющая промежуток, является объектом конструирования и называется решением проблемы.

Проблемы могут проявляться в симптомах. Систематически проявляющиеся симптомы образуют тенденцию. Обнаружение проблемы есть результат процесса идентификаций симптомов. Идентификация возможна при условии

знания нормы или желательного поведения системы. За обнаружением проблемы следует прогнозирование ее развития и оценка актуальности ее решения, т.е. состояния системы при нерешенной проблеме. Оценка актуальности решения проблемы позволяет определить необходимость ее решения.

Процесс нахождения решения концентрируется вокруг итеративно выполняемых операций идентификации условия, цели и возможностей для решения проблемы. Результатом идентификации является описание условия, цели и возможностей в терминах системных объектов (входа, процесса, выхода, обратной связи и ограничения), свойств и связей, т.е. в терминах структур и входящих в них элементов. Если структуры и элементы условия, цели и возможностей данной проблемы известны, идентификация имеет характер определения количественных отношений, а проблема называется количественной. Если структура и элементы условия, цели и возможностей известны частично, идентификация имеет качественный характер, а проблема называется качественной или слабоструктуризованной. Как методология решения проблем системный анализ указывает принципиально необходимую последовательность взаимосвязанных операций, которая (в самых общих чертах) состоит из выявления проблемы, конструирования решения проблемы и реализации этого решения. Процесс решения представляет собой конструирование, оценку и отбор альтернатив систем по критериям стоимости, времени, эффективности и риска с учетом отношений между предельными значениями приращений этих величин (маргинальных отношений). Выбор границ этого процесса определяется условием, целью и возможностями его реализации. Наиболее адекватное построение этого процесса предполагает всестороннее использование эвристических заключений в рамках постулированной структуры системной методологии.

Редуцирование числа переменных производится на основе анализа чувствительности проблемы к изменению отдельных переменных или групп переменных, агрегирования переменных в сводные факторы, выбором подходящей формы критериев, а также применением там, где это возможно, математических способов сокращения перебора (методов математического программирования и т.п.). Логическая целостность процесса обеспечивается явными или скрытыми предположениями, каждое из которых может являться источником риска. Постулируется, что структура функций системы и решения проблемы является стандартной для любых систем и любых проблем. Меняться могут только методы выполнения функций. Совершенствование методов при данном состоянии научных знаний имеет предел, определяемый как потенциально достижимый уровень. В результате решения проблемы устанавливаются новые связи и отношения, часть которых обуславливает желаемый выход, а другая часть определяет непредвиденные возможности и ограничения, которые могут стать источником будущих проблем.

Таковы в общих чертах основные представления системного анализа как методологии решения проблем.

Применение системного анализа на практике может происходить в двух ситуациях: когда исходным пунктом является появление новой проблемы и когда исходным пунктом является новая возможность, найденная вне непосредственной связи с данным кругом проблем. Решение проблемы в ситуации новой проблемы проводится по следующим основным этапам: обнаружение проблемы, оценка ее актуальности, определение цели и принуждающих связей, определение критериев, вскрытие структуры существующей системы, определение дефектных элементов существующей системы, ограничивающих получение заданного выхода, оценка веса их влияния на определяемые критериями выходы системы, определение структуры для построения набора альтернатив, построение набора альтернатив, оценка альтернатив, выбор альтернатив для реализации, определение процесса реализации, согласование найденного решения, реализация решения, оценка результатов реализации решения.

Реализация новой возможности проходит другим путем. Использование данной возможности в данной области зависит от наличия в ней или в смежных областях актуальной проблемы, нуждающейся для своего разрешения в такой возможности. Использование возможностей в отсутствие проблем может таить в себе, как минимум, бесполезную растрату ресурсов. Использование возможностей при наличии проблем, но игнорирующее проблемы, превращающееся в самоцель, может способствовать углублению и обострению проблемы. Развитие науки и техники приводит к тому, что возникновение ситуации новой возможности становится заурядным явлением. Это требует серьезного анализа ситуации при появлении новой возможности. Возможность утилизируется, если лучшая альтернатива включает в себя эту возможность. В противоположном случае возможность может остаться неиспользованной. Внедрение новой техники на основе одного только критерия срока самоокупаемости может быть примером подхода, когда утилизация новой технической возможности осуществляется вне анализа проблем. Большой процент неудач при внедрении машинных систем управления в США на первом этапе их создания является в значительной мере следствием отсутствия в этот период проблемно-ориентированного подхода.

Рассмотрим теперь, каким образом системный анализ представляет организацию. Несвоевременное, расточительное решение или же обострение проблемы и возникающие, как следствие, потери свидетельствуют о том, что механизм контроля состояния системы, в которой возникла проблема, выработки и реализации необходимых решений работает неудовлетворительно. Например, это могло быть при определении перспективной для данного рынка продукции или при принятии на вооружение данной технической системы. Но неудовлетворительная работа этого механизма означает неудовлетворительную работу организации, реализующей этот механизм. Улучшение его работы может быть достигнуто улучшением выполнения функций решения проблем, предусматриваемых системным анализом. Для этого необходимо рассматривать организацию не как структуру подчинения с установленными или сложившимися отношениями, а как процесс решения проблемы. Такой подход позволяет рассматривать организацию как систему, а для ее описания, изучения и улучшения использовать концептуальный аппарат системного анализа.

Для улучшения выполнения функций решения проблем, реализуемых организацией, могут быть использованы разнообразные методы: от рационализации форм документов до применения математических моделей и вычислительных машин. Методы могут, следовательно, иметь альтернативы, их отбор может производиться в соответствии с принципами системного анализа. «Мощность» всех функциональных подсистем от обнаружения (идентификации) проблем до реализации решения должна быть примерно одинаковой. Бессмысленно иметь мощные методы выработки решения, если функция идентификации состояния выполняется неудовлетворительно. Решение о

совершенствовании организации должно вырастать из ее проблем и соответствовать им по масштабу и сложности. Таким образом, отдельные методы совершенствования функций могут найти свое место только при конструировании организации как целостной системы

3

В прошлом роль научных методов выполнения отдельных функций была существенно ограниченной из-за слабости или отсутствия методов. Поэтому вопрос о рассмотрении организации как системы не мог возникнуть. Сейчас для реализации многих функций решения проблем созданы весьма совершенные методы; их разработка интенсивно и целенаправленно продолжается. Однако применение отдельных методов в рамках существующей организации затруднительно и малоэффективно. Причина заключается в том, что применение метода требует вычленения функции как целостного процесса из последовательности операций, в которой она традиционно выполняется, что без изменения способа работы существующих организаций невозможно. В существующих организациях, которые складывались, реализуя наличные, по существу эвристические методы, а не конструировались сознательно и в которых вследствие этого исторический элемент преобладает над логическим, функции почти никогда не бывают вычленены так, как это нужно для применения мощных методов. Другая причина может заключаться в бюрократическом характере существующих организаций. Картина существенно усложняется, если имеется в виду не один метод, а целый набор, и не одна частная функция, а целый комплекс связанных между собой функций. Существующая организация может доступными ей средствами решать проблемы, но она не может эффективно использовать для их решения современный научный инструмент.

Когда был изобретен бензиновый двигатель, он был поставлен на деревянную коляску. По мере введения других усовершенствований коляска изменялась, превращаясь в современный автомобиль. Но современный двигатель мощностью в триста сил нельзя поставить на легкую деревянную коляску. Подобным образом обстоит дело и при применении мощных современных методов (правил решения), таких, например, как транспортные модели, модели очереди, сетевые модели в рамках сложившихся организаций.

Организации, следовательно, должны строиться вокруг методов выполнения функций. Операционный смысл любой модели, используемой в организации, тот же, что и обычного совещания, на котором те, кто формулирует правила решения или сами решения, проводят всестороннее обсуждение предполагаемых решений или правил их построения.

Для оценки альтернатив конструкций организационных систем используются критерии измеримости, эффективности, надежности, оптимальности и стабильности. Измеримость—способность системы измерить свои характеристики. Эффективность—возможность решить проблему с помощью данной системы. Если система не имеет измеримости, то нельзя определить, дает ли она улучшение или ухудшение. Эффективность предполагает баланс между частями системы. Недостаточная эффективность будет заставлять руководителя возвращаться к самой примитивной части всей системы, так как в несбалансированной системе она представляет основное ограничение. Иметь решение, которое оптимально, но не измеримо и не эффективно—бессмысленно. Решение должно быть измеримым, эффективным и надежным прежде, чем можно будет рассматривать его оптимальность.

Задача высшего руководства организации—не выработка решений, а конструирование процесса выработки решения и наблюдение за его действием. Способность руководителя среднего звена предлагать хорошие решения не является основанием для выдвижения его в состав высшего руководства. Это было бы подобно тому, чтобы поручать проектирование грузоподъемной машины штангисту, на основании того, что он хорошо поднимает тяжести.

Руководство, занятое решением отдельной проблемы, то есть созданием системы, решающей проблему, называется системным руководством. Комплекс работ по решению отдельной проблемы называется программой. Поэтому системное руководство называется иногда программным руководством.

Сводя решение проблемы к конструированию системы, системный анализ, по существу, перенес в область организации методы, хорошо известные в практике инженерной разработки технических систем, придал решению организационных проблем характер исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности. Некоторые ученые считают, что перестройка организаций в соответствии с требованиями системного анализа приведет к «потрясающим переменам в руководстве в ближайшие десять лет».

Таковы основные установки системного анализа в области организации.

Как видно, основное содержание системного анализа заключено не в формальном математическом аппарате, описывающем «системы» и «решение проблем» (хотя попытки создания такого аппарата существуют²) и не в специальных математических методах, например, оценки неопределенности (хотя в этом направлении также проделана определенная работа³), а в его концептуальном, т. е. понятийном, аппарате, в его идеях, подходе и установках.

Системный анализ—это «нормативная», как принято говорить в США, методология.

В математике и физике широко используются аксиоматические теории, которые иногда называются формальными или дедуктивными. Аксиоматический метод исследования является в настоящее время основным методом теоретического исследования в этих дисциплинах. Этот метод начинает широко использоваться и в других областях знаний. Многие достижения математики, физики и ряда других естественных дисциплин обязаны применению аксиоматического метода. Это становится возможным потому, что он позволяет удерживать как связанное целое и использовать обширные логические структуры. Аксиоматические теории и соответствующие методологии основаны на ряде постулируемых положений—аксиом, являющихся, в конечном счете, отражениями или обобщениями эмпирического опыта.

² См., например, работу М. Месаровича. В сб. «Общая теория систем», Изд-во «Мир», 1966

³ См., например, работу Э н т х о в е и в книге Ч. Хитча и Р. Маккина «Военная экономика в ядерный век». Возмиздат, 1964.

Нормативная теория аналогична аксиоматической теории. Она не говорит, что будет происходить в данном случае, а говорит, что будет происходить в этом случае, если будут выполнены все условия и предположения теории. Соответственно, нормативная методология не говорит, что следует сделать в таком-то случае, чтобы получить данный результат, а говорит, что надо делать в данном случае для получения данного результата, если все условия и предположения методологии выполнены.

Успех в применении нормативной методологии зависит от искусства интерпретации ее требований в практических ситуациях. Чем более «мощной» является нормативная методология, т. е. чем более общими являются используемые ею понятия, тем шире круг проблем, для решения которых может быть использована методология. Вместе с тем, выявление границ методологии, устанавливаемых ее нормативным характером, тем труднее, чем больше ее общность, и, следовательно, тем большее искусство требуется при ее практическом применении. Чтобы быть полезной, методология должна строиться на теории, адекватной объекту и задаче. Для сложных объектов и сложных задач должна быть развита методология со сложной структурой. Это обстоятельство также повышает требования к умению использовать нормативную методологию в этих ситуациях.

Применение нормативных теорий к отдельным элементам процесса решения проблемы не является новым. Модели исследования операций, например модели теории игр, суть нормативные теории. Возникновение этих моделей, как известно, обязано переносу аксиоматических методов из математики и физики в область так называемых «операций».

Нормативное определение процесса решения проблемы в целом давалось и раньше, например Д. Пойа⁴. Однако широкое практическое применение такого определения, видимо, должно рассматриваться как оригинальное достижение системного анализа. Другим достижением системного анализа, логически связанным с построением методологии, является перенос нормативного подхода в область конструирования организаций.

Применение нормативной методологии такого масштаба и характера, как отмечалось, — дело весьма ответственное. Авторы работ по системному анализу подчеркивают, а не смазывают нормативный характер этой методологии. «Если мы хотим увеличить выход организации, она должна рассматриваться как нормативная полная система. Хотя это требование в общем принимается на веру, тем не менее существуют некоторые эмпирические доказательства (например, в области систем оружия) того, что этот подход позволяет получить лучшие результаты. Мы находимся на первоначальных этапах совершенствования этого подхода, и в настоящее

время мы можем только примерно описать основные характеристики полных систем»⁵.

Системный анализ построен на понятиях высокого уровня общности, а отчасти на категориях: связь, свойство, процесс, качество, познание и др. Логическая структура системного анализа весьма развита: она по необходимости — как и должно быть у методологии решения проблем — включает и аспекты познания действительности (проблемной ситуации) и аспекты воздействия на нее.

Таким образом, следует ожидать, что применение системного анализа предъявит серьезные требования к руководителям и коллективам, желающим использовать его при решении проблем. Это, по-видимому, так и есть: «Системный анализ может с пользой применяться, вероятно, только там, где существует обстановка зрелого (sophisticated—искусшенного) руководства»⁶. Как нормативная методология системный анализ устанавливает базовую номенклатуру функций, которые должны быть выполнены для решения проблемы, т. е. постулирует структуру процесса, выполняемого организацией, в отличие от традиционного подхода к организации, который постулирует ее административную структуру.

Постулирование структуры процесса придает системному анализу в высшей степени конструктивный характер.

Вместе с тем, нельзя отделаться от впечатления, что для системного анализа в его теперешнем состоянии, и даже с учетом вполне определенных, проявившихся тенденций, характерна некоторая односторонность: принятие процесса как руководящей идеи оставляет в тени то обстоятельство, что процессы существуют только в относительно обособленных целостностях. Косвенно это признается и учитывается введением понятий границ проблемы и системы, а также понятий открытой и закрытой систем, заимствованных из общей теории систем (General System Theory). Однако это не компенсирует отсутствия нормативно введенного описания относительно обособленной целостности, например, фирмы, хотя, конечно, ограничение методологии делает ее более практичной.

Большое значение имеет характерное изменение стиля мышления лиц, освоивших идеи системного анализа. Идеи системного анализа позволяют отделить форму организации, обязанную своим существованием истории, от содержания, которое остается одним и тем же при любых методах. Овладение системной методологией даст также отдельному лицу понимание того, что «должно быть», ясное ощущение необходимости коллективной работы и потребность совершенствования методов работы организации, а также четкое понимание своего места и роли в этой работе. Люди, обладающие «системными» представлениями, получают возможность договориться относительно изменения организации при использовании новых методов.

Дисциплина мышления коллектива людей, диктуемая достаточно мощным и ясным концептуальным аппаратом, возможно, является более важной вещью, чем математический аппарат, позволяющий производить те или иные расчеты, или отдельная модель. В таком интеллектуально дисциплинированном коллективе то, что обычно так или иначе понимается, но не выполняется, становится обязательным требованием, нормой профессионального поведения. Дисциплина поведения лиц и коллективов, устанавливаемая руководством на базе дисциплины мышления, закрепляет в процедурах принципы методологии. Она позволяет весьма эффективно выявить и устранить предвзятость, некомпетентность, недобросовестность и неаккуратность. Вместе с тем, появляется возможность выяснить причины разногласий, так как все элементы процесса решения, включая принимаемые спорящими

4 Пойа Д. Как решать задачу. Учпедгиз, 1959.

5 Young S. Organization as a Total System. Calif. Manag. Review, v. X, № 3, 1968, p. 21—32.

6 [a n t s c h E. Technological Forecasting in Perspective OECD, 1.1967.

сторонами предположения, становятся демонстрируемыми. «Системный анализ: основные правила конструктивных споров» – так назвал свое выступление перед сенатом США один из ведущих специалистов по системному анализу.

Освоение методологии системного анализа делает практически неизбежным возникновение такой ситуации, когда руководители сознательно требуют разработки усовершенствованных методов для улучшения работы организаций, ученые с пониманием действительного содержания задачи разрабатывают эти методы, руководители и сотрудники всячески способствуют внедрению этих методов и обеспечивают их квалифицированное применение.

На примере системного анализа системная методология впервые продемонстрировала свою практическую силу. Но создание системного анализа имеет также и важное принципиальное значение. Хотя большинство научных и прикладных областей знания призваны помогать в решении проблем, среди них немного таких, которые имели бы предметом само решение проблем. Системный анализ впервые представил обобщенную методологию решения проблем, основанную на концепции систем.

4

Лидеры системного анализа еще не подвели итогов почти тридцатилетнему развитию своей области (если не считать весьма ограниченного материала лекций Чарльза Хитча). Все же имеющиеся в литературе данные позволяют составить общее представление, возможно, в чем-то спорное, об истории системного анализа. Мы рассмотрим, в основном, развитие приложений и литературу.

Трудно сказать, каково было фактическое начало истории системного анализа. Как сообщают в предисловии к «Системотехнике» ее авторы⁷, «вот уже свыше десяти лет (т. е. с середины 40-х годов) инженеры и руководители предприятий стали свидетелями возникновения все более широкого подхода к проблеме проектирования технологического оборудования. Это явление было плохо понято и описывалось неточно. Его называли системотехникой (system engineering), системным анализом (system analysis) и часто системным подходом (system approach)».

Одна американская газета уточнила, что «командование ВВС США вскоре после начала второй мировой войны предложило Гарвардским курсам деловой администрации найти способ увеличения в течение года существующего состава военно-воздушных сил с 4 тыс. боевых самолетов и 300 тыс. человек до 80 тыс. самолетов и 2,5 млн. человек, но так, чтобы это обошлось не дороже 10 млрд. долларов. Чтобы справиться с этим заданием, при курсах была создана так называемая секция статистического контроля. В ее работе приняли участие Роберт Макнамара и ряд других теперешних руководителей компаний. К концу года проблема, поставленная военно-воздушными силами, была разрешена и арсенал военного командования обогатился методом «системного анализа».

Считают, что разработка, широкое применение и популяризация системного анализа—заслуга знаменитой РЭНД. Действительно, теоретики и специалисты этой корпорации выполнили ряд основополагающих работ по системному анализу, а также выдвинули из своей среды многих из тех лиц, которым пришлось практически применять эту методологию в Министерстве обороны и других ведомствах и компаниях США. Некоторые считают, что «наибольшее значение среди всех исследований, которые когда-либо осуществляла корпорация, имеют ее работы в области анализа систем».

РЭНД была создана в 1947 г. В 1948 г. в составе Министерства ВВС США (через год после создания Объединенного комитета начальников штабов) была организована группа оценки систем оружия (WSEG), которая сыграла важную роль в развитии и применении системного анализа. В 1950 г. в составе РЭНД был создан Отдел анализа стоимости оружия, который вел разработки и широко применял стоимостные варианты системного анализа. В начале 50-х годов понятие «системы оружия» и практика «системного руководства» становятся общеупотребительными. Начавшаяся в 1952г. разработка сверхзвукового бомбардировщика В-58 была первой разработкой, которая была поставлена как «система». Большое влияние на формирование идей системного анализа в 50-х годах оказала разработка стратегических ракетных систем и систем противовоздушной обороны.

По мере того как отдельные специалисты и исследовательские организации выполняли все больше и больше исследований с применением методологии системного анализа, становилось ясно, что эффективное использование этой методологии может быть осуществлено только в рамках официально определенной организационной структуры, узаконивающей ее применение. Сама методология была уже детально разработана и изложена в вышедшей в 1960 г. книге группы специалистов РЭНД «Военная экономика в ядерный век»⁸. Вместе с тем, стало ясно, что централизация руководства Министерства обороны, начавшаяся в 1947 году созданием Объединенного комитета начальников штабов, и организация его по военным задачам, а не по родам сил, достигнут своей цели, если будут применены как регулярный инструмент программное руководство и мощные методы анализа и решения проблем вооружения.

Однако реализация этих идей требовала проведения дальнейших серьезных изменений в Министерстве обороны, в особенности, таких сложных, как изменение массовых организационных процедур, а также переподготовки его персонала. Приход в 1961 г. к власти президента Кеннеди, расстановка на некоторые важные посты профессоров Гарварда, а также назначение Роберта Макнамары министром обороны создали благоприятные условия для выполнения этой работы.

В 1961 г. и отчасти в последующие годы «в острой борьбе», как говорит Ч. Хитч⁹, необходимая реорганизация была проведена. В результате была создана регулярно действующая система планирования и финансирования вооружения (PPBS)¹⁰ и уже военный бюджет 1963 г. был подготовлен на основе широкого применения методологии системного анализа.

7 Гул Г. Х., Макол Р. Э. «Системотехника». Изд-во «Советское радио», 1962, стр. 13.

8 Х и т ч Ч. и Маккии Р. Военная экономика в ядерный век. Перевод с англ., Воениздат, 1964.

9 Х и т ч Ч. Руководство обороной. Изд-во «Советское радио», 1968, стр. 91.

10 Там же, стр. 45 и 83.

В 1964 г. процедуры, реализующие требования системного анализа в Министерстве обороны, были настолько отработаны, что по многим из них были выпущены руководства и инструкции. Такая же регламентация была проведена в управлениях НАСА. Многие инструкции распространялись на процедуры фирм—подрядчиков¹¹. Все эти мероприятия оказали большое влияние на планы вооружений и распределение средств.

В августе 1965 г. президент Джонсон своим приказом распространил принципы программного руководства и системного анализа на большинство федеральных ведомств, в том числе, и на государственный департамент.

Освоение системы PPBS проходило не без трудностей: реорганизация министерства обороны на функциональной основе не удалась, и пришлось распределить новые организационные функции по старым организационным подразделениям. Внедрение новых методов столкнулось с серьезной оппозицией, которая отчасти сохранялась и в период действия системы. В 1968 г. дело дошло до расследования сенатом США обвинений против системы PPBS и, особенно, против системного анализа с его требованием количественного сравнения альтернатив¹². Причины, по всей видимости, состояли в том, что задевались интересы могущественных военно-промышленных корпораций США; задевались интересы высшего и среднего военного руководства; сказались трудности освоения методологии, которые были подчеркнуты весьма быстрыми темпами внедрения; были и другие причины, однако, несомненно, что трудности, возникающие из нормативного характера методологии, также сыграли свою роль.

С некоторым отставанием от военной области системный анализ применялся и в американской промышленности, и в других областях жизни общества. Хотя Ч. Хитч считал¹³, что применение системного анализа более необходимо в военной области, где в отличие от рынка он является единственным средством поддержания объективности, на самом деле широта и разнообразие приложений системного анализа в гражданской области были вполне сравнимы с размахом приложений в военной области.

5

Начало применения идей системного анализа для решения проблем в гражданской области может быть отнесено к середине 50-х годов. Одной из первых была работа Р. Маккина по выработке политики правительства в области водных ресурсов¹⁴.

В 1959 г. были выполнены работы по анализу применения электронной обработки данных в городском планировании. Начиная с 1960 г. ведутся исследования сверхзвуковой транспортной авиации как полной системы¹⁵.

Многочисленные работы с использованием методологии системного анализа выполнила группа ТЕМНО из компании «Дженерал электрик»¹⁶. Она применила системный анализ для разработки стратегии фирмы на длительный период. При этом проводился анализ будущего рынка, снабжения и эффективности затрат. Позже группа провела исследования развития атомного торгового флота до 1985 г., причем было рассмотрено пять альтернатив с учетом политической и социальной обстановки. ТЕМНО провела также оценку коммерческих систем связи на искусственных спутниках, исследовала потребность Северной Америки в водных ресурсах и энергии, развитие золотодобывающей промышленности США, исследовала проблемы развития городов. Сотрудник «Дженерал электрик» Зебровский провел в 1966 г. анализ стратегии строительства атомных электростанций на плутониевых реакторах в Европе.

РЭНД применяла системный анализ для исследования наземного транспорта 1990 г. «Систем дивелопмент корпорейшн» исследовала проблемы совершенствования планирования образования. Станфордский исследовательский институт приложил системный анализ к проблемам взаимодействия между наукой, техникой и обществом. В 1967 г. Мигель выполнил основанное на детальном системном анализе исследование обеспечения человечества пищей. Системный анализ предполагается применить для анализа индустриализации развивающихся стран, а также для получения предостережений развивающимся странам, когда их интересы затрагиваются развитием технологии.

Перестройка организации в соответствии с требованиями системного анализа была произведена в большой больнице, отделе сбыта компании, отделе электроники, конструкторском отделе, в химико-фармацевтической компании, на сборочном заводе¹⁷.

Вслед за США и отчасти под влиянием работ, выполненных в США, но с отставанием на несколько лет, системный анализ начинают использовать в различных, прежде всего в военных, областях государственные учреждения и частные компании Англии, Франции, ФРГ, Японии и других стран. Отмечается, что в Англии применяется менее «жесткая» форма методологии, чем в США. Считают, что Европа еще не выработала позицию по отношению к системному анализу, что ударение, которое там делается на оптимизацию частных проблем, — типичный подход исследования операций — имеет тенденцию затемнять понятие полной системы¹⁸.

Чтение курса системного анализа становится правилом во многих учебных заведениях США и других стран. Примечательно, что курс анализа систем входит в программу подготовки студентов и руководителей, проводимую Хартумским университетом¹⁹.

Системный анализ может прилагаться также к области социологии, политики и идеологии, в которых могут существовать свои специфические проблемы. Не вызывает сомнения, что методология системного анализа в

¹¹ О начальном периоде внедрения этих документов см. Q e d-(1 e s F. Customer closed loopholes in program management. Aerospace Management, 1964, v. 7, № 4, p. 50—53. Процедуры системного руководства инженерной разработкой см. в «JEEE Trans. on SSC», v. 3, № 1, June, 1967, p. 6^10.

¹² Stockstill L. Senators Ask if DOD in Avoiding Tilings it Would rather not hear. J. of the Armed Forces, 1967, v. 104, № 52.

¹³ Хитч Ч. Руководство обороной. Изд-во «Советское радио», 1968, стр. 78.

¹⁴ M c K e a n R. N. Efficiency in government through systems analysis. N. Y., Wiley, Inc., 1958.

¹⁵ The Technical, Economic and Social Consequences of the Introduction into Commercial Service of Supersonic Aircraft. Document 8087—C/925, ICAO, Montreal, Canada.

¹⁶ Сведения о ТЕМНО, РЭНД, СДК, Станфордском институте см. в книге Jantsch E. Technological Forecasting in Perspective. OECD, 1967.

¹⁷ Young S. Management: a Systems Analysis. Glenview, Illinois, 1966.

¹⁸ J a n t s c h E. Technological Forecasting in Perspective. OECD, 1967. p. 239—241.

¹⁹ Hanica F. P. Management education and management science. Oper. Res. Qurt, 19, 1968, Spec. Conf. Issue.

надлежащих формах фактически применяется в этих областях. Совершенствование техники политических переворотов и техники контроля над населением, в частности, с помощью средств массовой информации может быть следствием применения методологии системного анализа.

Представляет большой интерес вопрос о связи развития системного анализа с развитием машинных систем управления. Создание и использование машинных систем управления в США—весьма значительное явление. В весьма ограниченный 6—8-летний период было создано так много разнообразных машинных систем, что, кажется, правильнее говорить о «взрыве» в этой области. Список 1964 г. содержит перечисление 133 систем в 98 авиакосмических компаниях. Список 1965 г. содержит 65 систем по одному только министерству военно-морских сил²⁰. В литературе описаны сотни систем во всех областях жизни общества; многие из этих систем имеют национальный, международный или глобальный характер.

Вопрос о связи развития системного анализа с созданием машинных систем управления довольно сложен. Вряд ли будет справедливо утверждение, что развитие системного анализа обусловило создание машинных систем управления. Отчасти действовали тенденции «рационализации» и «механизации» конторской, учетной и расчетной работы, а также традиции совершенствования «организационных систем и процедур». Отчасти их создание группировалось вокруг применения моделей исследования операций или эконометрических моделей. Лишь на более поздних стадиях, в период господства ЭВМ второго поколения (таких, как IBM 1410, IBM 1440, IBM 7090), стало выясняться, что машинные системы эффективны в том случае, если они решают актуальные проблемы. Это, в свою очередь, оказалось возможным реализовать, если выполнялся системный анализ проблем и если надлежащим образом изменялась организация. В настоящее время место машинных систем или, точнее, машинных элементов систем достаточно определено. Новейшие системы представляют собой человеко-машинные интегрированные системы, имеющие синергический характер и строго ориентированные на решаемые проблемы.

Следует отметить, что способы изложения и применения системного анализа еще далеко не установились. Некоторые расхождения существуют даже по такому центральному вопросу, как структура решения проблемы. Однако общее направление и тенденции развития системного анализа вполне установились, что и служит основой литературы и преподавания.

Хотя журнальная литература освещала развитие системного анализа почти с момента его возникновения, монографическая или учебная литература начала выходить через 15—20 лет (секретные или внутренние изложения выпускались раньше). Таким образом, литература по системному анализу основывалась на определенном практическом опыте его применения.

Первые публикации работ прикладного и методологического характера относятся к началу 50-х годов. В 1952 г. сотрудник Лаборатории исследования систем РЭНД в издании университета Питтсбурга опубликовал статью «Об использовании и границах математических моделей, теории игр и системного анализа». Эта лаборатория стремилась применить системную методологию к проблемам организации²¹. В состав лаборатории входили Чепмен, Ньюелл, Байла и Вейнер. Ньюелл позже стал соавтором Саймона в многочисленных и широко известных работах по теории решения проблем, эвристике и машинному «решателю обобщенных проблем». В 50-х годах появилось также ряд статей Ч. Хитча²², содержавших изложение идей системного анализа и способов его использования.

Для оценки этого начального периода следует вспомнить, что в 1948 г. вышла «Кибернетика» Винера, в 1950 г. — «Исследование операций» Морза и Кимбелла и статья «Теория открытых систем» Берталанфи. В 1951 г. Берталанфи опубликовал «Общую теорию систем».

Первая книга по системному анализу вышла в 1956 г. Ее издала РЭНД, а ее авторами были Кан и Манн.

В 1957 г. вышла «Системотехника» Гуда и Макола. Одна из первых книг по решению проблем вышла в 1955 г. — «Искусство решения проблем» Е. Хаднета²³. Статья К. Боулдинга «Общая теория систем—скелет науки», развивающая идеи Берталанфи, вышла в 1956 г.²⁴

До конца 50-х годов периодическая и отчасти монографическая литература обращает внимание на выяснение различия между системным анализом и исследованием операций²⁵, системным анализом и системотехникой²⁶, теорией решений и исследованием операций и тому подобное. Широко обсуждаются проблемы применения научной методологии к таким «неточным» областям, как руководство, человеческое решение человеческих проблем, организация²⁷. В 1959 г. выходит известная книга С. Бира «Кибернетика и руководство», отчасти вдохновленная идеями общей теории систем.

«Солидные» книги по системному анализу начинают выходить с 1958 г. В этом году вышла книга Маккина, содержащая анализ развития водных ресурсов США. В 1960 г. вышла фундаментальная книга Ч. Хитча и Р. Маккина по приложению методов количественного сравнения альтернатив для решения проблем вооружения²⁸. В том же году выходит первая книга С. Л. Оптнера «Системный анализ для руководителей»²⁹. В 1962 г. — фундаментальная книга А. Холла и книга Д. О. Эллиса и Р. Д. Людвига. Журнал *Operations Research* в 1960—1962 гг. публикует ряд статей по

20 «Information Systems Acronyms». *Navv Management Reviw*, v. X, № 9, Sept., 1965, p. 13—15.

21 Итоги ее восьмилетней работы по проблемам ПВО см. в журнале «*Manag. Sci.*», v. 5, № 3, 1959.

22 «*Oper. Res. Soc. of Amer.*», v. 1, 1953, p. 87—99; «*Oper. Res.*», v. 3, 1955, p. 466—481; «*Oper. Res.*», v. 5, 1957, p. 718—723.

23 Hadnet E. *The Art of Problem Solving*, N. Y., Harper, 1955. 2 B o u l d i n g K. E. *General Systems Theory — the Skeleton of Science*. *Manag. Sci.*, 1956, v. 2, IV, № 3, p. 197—208.

24 S e n g u p t a S. S., A c k o f f R. L. *Theory of Systems and Operations Research*. *Trans IEEE on SSC*, v. 1, № 1, 1965.

25 Wohlstetter A. J. *Systems Analysis versus System Design*. Publications of the RAND corp., P 1530, 1958.

26 5 Arrow K. J., *Decision Theory and Operations Research*. *Oper. Res.*, 1957, v. 5, XII, № 6, p. 765.

27 W e i n w i c k E. H. *Limitations of the Scientific Method in Management Science*. *Manag. Sci.*, 1957, v. 3, IV, № 3, p. 225—233.

28 Хитч Ч. и Маккин Р. *Военная экономика в ядерный век*. Воениздат, 1964.

29 O p t n e r S. L. *Systems Analysis for Business Management* Englewood cliffs, N. Y., Prentice Hall, Inc., 1960

принципиальным вопросам анализа систем. В 1964 г. выходит весьма обстоятельная книга Квейда³⁰. В 1965 г. выходит целый ряд книг различного характера и направления: данная книга Оптнера, книга Макмиллана и Гонзалеса «Системный анализ», содержащая формальную трактовку предмета^{31[31]}; лекции Ч. Хитча о внедрении программного руководства и системного анализа в Министерстве обороны^{32[32]}.

В 1966 г. издается книга С. Янга «Системный анализ руководства», которая впервые целиком посвящена системному анализу организации как таковой³. Весной 1968 г. вышла книга Клиланда и Кинга «Системный анализ и проектированию» и полностью обновленная книга С. Л. Оптнера.

Одновременно с книгами по системному анализу выходят разнообразные книги по системотехнике, которые часто имеют много точек соприкосновения или перекрывающихся областей. Одна из первых, если не первая, попытка дать формализацию теории решения проблем и общей теории систем была предпринята в 1960 г. М. Месаровичем³³. Затем выходят работы Заде (1962), Мессаровича (1964), Заде (1964), Беллмана (1965).

В 60-х годах выходит ряд книг по теории решения проблем, например, Клейнмунтца³⁴, а также по отдельным сторонам процесса решения проблем (например, Рейтман «Познание и мышление» или Миллер, Прибрам и Галантер «Планы и структура поведения»).

Влияние системных идей ясно прослеживается и в нарастающей волне литературы по теории и проблемам организаций (например, сборник «Конструирование организаций» под редакцией Томпсона).

6

В те же годы, когда возник и развивался системный анализ, в США и других странах появился ряд новых дисциплин с необычными и интригующими названиями: исследование операций, эвристика, теория решений, системотехника, общая теория систем и другие. Совместное существование всех этих дисциплин не могло не породить вопросов об их границах, взаимоотношениях и положении среди всего комплекса наук. Поскольку то или иное решение этих вопросов могло серьезно затронуть интересы сторонников тех или иных направлений, их обсуждение приобрело отчасти характер борьбы с «чужими» направлениями. Дискуссия эта довольно поучительна. Споры, то затихая, то разгораясь, продолжаются и сегодня. Хотя известные основания для них есть, системный анализ уже сказал слово, вносящее в обсуждение известную определенность.

Один из способов определить относительное положение каждой из названных областей знания и деятельности заключается в выяснении различия или сходства в их функциональном назначении. Это, в свою очередь, требует различения функций от используемых для их реализации методов.

«Решение» проблем имеет своим противопоставлением «нерешение», т. е. выполнение рутинных операций. Их объединение, возможно, охватывает все области человеческой деятельности. Решение проблем лежит в основе как функции сохранения, так и функции развития. По своей природе функция решения проблем близка к высшим уровням функционального представления человеческой деятельности. Поэтому не удивительно, что и сама функция и обслуживающая ее методология являются в высшей степени интегративными, включающими в себя все частные функции, необходимые для ее выполнения. Системный анализ как методология решения проблем претендует на то, чтобы выполнить роль каркаса, объединяющего все необходимые методы, знания и действия для решения проблемы. Именно этим определяется его отношение к таким областям, как исследование операций, теория статистических решений, теория организации и другим подобным.

Очевидно, что частных функций и соответственно используемых для их реализации классов методов будет ровно столько, сколько установлено априорной структурой системной методологии. Этим не утверждается, что и в действительности их именно столько, однако этим утверждается, что их столько при принятой аксиоматике и данном состоянии развития системной методологии. Определение точного перечня частных функций для данной или другой системной аксиоматики—предмет специальной работы, необходимость и значение которой не могут быть переоценены.

Однако перечень, имеющий наводящий характер, вполне может быть приведен. К числу частных функций относятся: идентификация симптомов, определение актуальности проблемы, определение цели, вскрытие структуры системы и ее дефектных элементов, определение структуры возможностей, нахождение альтернатив, оценка альтернатив, выбор альтернативы, составление решения, признание решения коллективом исполнителей и руководителей, запуск процесса реализации решения, управление процессом реализации решения, оценка реализации и ее последствий.

Соответственно для реализации этих функций могут быть использованы: методы теории поиска и обнаружения, методы теории распознавания образов, методы статистики, в частности, факторного анализа, теории эксперимента, модели исследования операций и смежные модели (очереди, запасов, игровых ситуаций, сохранения и восстановления, роста и др.), модели поведения (деостатические, динамические, самоорганизации и другие), методы теории классификации и упорядочения, маргинальный анализ, методы синтеза сложных динамических систем, теория потенциальной достижимости, (одели теории авторегулирования, методы прогнозирования, методы инженерной психологии и смежных с ней дисциплин, методы и модели различных областей теории организации, социальной психологии и социологии).

Исторически дело обстоит так, что за неимением методологии решения проблем и развитых методов, предназначенных специально для выполнения частных функций этого процесса, специалисты, привлекаемые для

30 Квейд Э. Анализ сложных систем для решения военных проблем. Изд-во «Советское радио», 1969.

31 McMillan C., Connel R. F. System analysis. Home-wood, Ill., Irwin, 1965.

32 Хитч Ч. Руководство обороной. Изд-во «Советское радио», 1968.

33 Mesarovic M. D. General Systems Theory. Notes from Cliss lectures, delivered at Case Institute, 1960.

34 Kleinmuntz B., ed. Problem Solving: Research, Method and Theory. N. Y., Wiley, 1966.

решения проблем, опирались на свои специальные знания — математику, физику, экономику, социологию и т. д., которые и являлись для них отправным пунктом. Приложение этих знаний в некоторых случаях приводило к успеху в выполнении частной функции решения проблемы и тем самым создавало основу для развития метода, обеспечивающего совершенствование выполнения этой функции. Однако явная недостаточность отдельного метода, хотя бы и мощного, для решения проблемы заставляла окружать его вспомогательными, в общем не вытекающими из самого метода рекомендациями, правилами, предостережениями и т. д., как это ярко проявилось при попытках обобщений в рамках исследования операций.

Трактуемые столь широко тот или иной метод или группа методов начинали, что вполне естественно, претендовать на положение методологии решения проблем. Это давало толчок для развития методологии решения проблем, а также для бесплодных дискуссий о том, что является частью чего и что имеет главное, а что вспомогательное значение. В настоящее время, когда методология системного анализа обусловила, по крайней мере, в каком-то приближении, структуру функций решения проблем, подобные дискуссии теряют основу (хотя, конечно, уточнение границ и отношений отдельных дисциплин должно продолжаться), а внимание сосредоточивается на отождествлении методов и функций решения проблем, а также на разработке методов для тех функций, которые выполняются недостаточно хорошо.

Таким образом, при оценке соотношения системного анализа и родственных ему дисциплин, а также при определении их положения среди других наук следует отказаться от толкования содержания этих дисциплин, исходя из их названий, от попыток исходить из их претензий на положение, которые иногда отражают групповые интересы, а также не поддаваться гипнозу широких движений, форму которых приобрели некоторые из этих дисциплин. Следовало бы разделить действительно сделанное в рамках каждой дисциплины на две части: ее вклад в методологию решения проблем и ее вклад в развитие методов для выполнения частных функций решения проблем. Осуществленная таким образом перегруппировка материала оставила бы место только для чисто терминологических дискуссий.

Другая группа отношений между рассматриваемыми дисциплинами может быть объяснена, если принять во внимание процесс специализации самой системной методологии. Такая специализация в разных формах и по многим направлениям идет почти с самого возникновения системного анализа.

Большая, довольно самостоятельная область—решение проблем с помощью технических систем — оформилась в системотехнику (system engineering), другая, которая еще только формируется, — системное конструирование организаций. Специализация идет также по линии выделения «отраслевых» подсистем системного анализа: собственно методология количественного сравнения альтернатив; подсистема развития возможностей в соответствии с решаемыми проблемами (область, которая представлена такими системами, как ПАТТЕРН, КУЭСТ1), подсистема выбора целей и др. Различные области приложений, например транспорт, развитие городов, политические и социальные области, также породят свои специализированные формы.

Тенденция изменять отношения между отдельными научными дисциплинами, характерная для системной методологии, будет действовать и в дальнейшем. Она заставляет вспомнить о суждении К. Боулдинга, который предсказывал появление новой, «системной» классификации наук.

7

Одна из важнейших характеристик любой методологии есть ее граница. Это особенно верно применительно к таким мощным методологиям как системный анализ. Понимание существующих сегодня границ системного анализа столь же необходимо, как и понимание его возможностей.

Границы всякого инструмента, используемого людьми, определяются указанием области применения, выполняемой функции и степенью совершенства методов.

Из приведенного ранее описания примеров применения системного анализа видно, что область его применения весьма широка. В принципе эта методология может применяться в любых областях. В настоящее время системный анализ используется в военной области и в области развития фирм. В других областях применение имеет пока характер отдельных попыток.

После исключения области как параметра оценки единственными параметрами остаются функции и методы.

Относительно номенклатуры функций, выполняемых системным анализом, в американской литературе существуют различные мнения. Одни, как, например, С. Л. Оптнер, склонны полагать, что системный анализ должен включать в себя все частные функции, необходимые для решения проблем. При этом такие крайние функции, как диагностика и развитие возможностей (посредством надлежащей организации научных исследований), также включаются в число функций системного анализа. Другие, как, например, Р. Кларк, диагностику, определение целей и развитие возможностей отделяют от системного анализа, полагая, что они составляют самостоятельные научные и организационные области.

Эти различия не настолько существенны, чтобы при оценке системного анализа было бы необходимо противопоставлять их друг другу. Позиция «все, что нужно для решения проблемы» является более общей. Во всяком случае в вопросе о границах кажется более последовательным рассматривать общую постановку, чтобы обнаружить более существенные ограничения.

Если считать, что в понятие «решение проблем» входят все функции—от побуждения к обнаружению проблемы до оценки реализации принятого решения—то можно задать вопрос: существуют ли какие-либо функции, выполняемые людьми, помимо определенной таким образом функции решения проблем? Единственной областью, выходящей за пределы этого определения, является огромная область рутинных операций, которая, собственно, и становится носителем проблем. Если это так, то роль системного анализа или, точнее, того, что стоит за ним и во что он выльется в будущем, трудно переоценить.

Правильность и полнота номенклатуры частных функций, а также, их содержания, полнота и правильность структуры подпроцессов решения проблемы может быть определена путем исследования адекватности номенклатуры

и содержания применяемых в системном анализе понятий, а также в результате изучения практики применения системного анализа. Можно ожидать, что определенные уточнения будут производиться, однако увеличение масштаба нормативной теории пока еще рассматривается как нежелательное.

Что касается совершенства методов, используемых для выполнения частных функций, то, не вдаваясь в детальный анализ этого вопроса, можно сказать, что системный анализ, несмотря на его внушительные успехи, должен претерпеть еще значительное развитие или что он находится еще в начале своего пути.

Важнейшие недостатки являются следствием прагматического понимания развития: понятие объективного развития заменено понятием «желаемой цели». Ясно, что «желаемая цель» может легко вести к ложным проблемам. Проблемы не идентифицируются как объективные противоречия развития, следовательно, противоречия могут нарастать, несмотря на решение проблем. Прагматическое построение методологии, пренебрежение объективным характером законов диалектики может серьезно ограничить возможности этой методологии.

Ряд частных функций еще не имеет адекватного инструмента. К ним относятся: диагностика существующего состояния системы, в особенности, диагностика организаций; определение дефектных элементов существующей системы; методы определения номенклатуры альтернатив; методы определения тактики и стратегии решения проблемы; идентификация человеческих характеристик для целей решения проблем; конструирование и реализация организаций с заданным типом поведения; оценка последствий решения проблемы. Во многих из этих областей ведутся интенсивные работы, в особенности в области организации и руководства.

Структуры частных функций и соответствующих методов должны измениться после того, как будет операционно введено понятие «целостности»; будет найдено более точное описание отношений вещи, системы, метода и функции; будет более точно отражаться в методологии отношение структуры и свойств элементов.

Особую область составляют методы выбора методов для реализации функций решения проблем.

Чем больше масштаб и сложность проблем, тем больше будут сказываться существующие ограничения системной методологии решения проблем. Их устранение требует разработки ряда новых дисциплин и значительного развития многих существующих. Должна быть разработана теория относительно обособленных целостностей (систем), их возникновения, роста и развития, нормы и патологии, качественных преобразований и деградации. Потребуется теория системной среды, в том числе теория иерархически организованной системной среды, и многие другие³⁵.

Роль некоторых нормативных теорий в настоящее время сильно преувеличена, одна из задач дальнейшего развития, несомненно, состоит в ограничении их использования в соответствии с той ролью, которую они в состоянии сыграть.

Поскольку структура системной методологии достаточно сложна и имеет тенденцию становиться еще более сложной, ее адекватность реальности может быть установлена, как и всегда в подобных случаях, корректным использованием более или менее сильных формализаций. Вообще говоря, оценка эффективности конкретных форм системной методологии представляет собой серьезную проблему. По этой и другим причинам, видимо, значительная роль будет принадлежать разработке различных видов формальных теорий систем и решения проблем.

С. Л. Оптнер является руководителем консультативной организации «С. Л. Оптнер и ассоциация», находящейся в Лос-Анджелесе.

Первая книга С. Л. Оптнера «Системный анализ для руководителей делового мира» выпущена в 1960 г. одним из наиболее солидных американских издательств — «Прентис Холл». Среди немногочисленных книг по системному анализу, вышедших в США до 1960 г., это была единственная книга, излагавшая системный анализ применительно к проблемам промышленности и организации, а не к военным проблемам. Эта книга включена в библиографии книг Старра (1965), Джонсона, Каста, и Розенцвейга (1967).

Представляемая читателю небольшая книга С. Л. Оптнера выпущена в 1965 г. также издательством «Прентис Холл» в составе выпускаемой этим издательством международной серии книг по вопросам развития промышленности и науки о руководстве.

К 1969 г. в США вышел ряд книг по системному анализу. Однако книга «Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем» во многих отношениях отличается от остальных книг. Если книга Квейда представляет системный анализ как методологию выбора систем оружия, если книга С. Янга описывает системный анализ как методологию совершенствования организации, то книга Оптнера представляет его как методологию решения проблем без акцента на ту или другую область применения. В этой книге системный анализ предстает как широкая, мощная область, находящаяся на первых этапах своего развития. Хотя в библиографии автор ссылается на ряд основополагающих работ, его книгу вряд ли можно считать компиляцией. Скорее её можно расценить как основанное на большой и разнообразной практике собственное осмысление методологии системного анализа.

Назначение книги, как его определяет автор, помочь участвующим в решении проблем специалистам и объединяющим их «системщикам» одинаково понимать сущность проблем и их решения. Дать возможность заказчику с исполнителем, руководителю с подчиненным, экономистам с инженерами, специалистам между собой говорить на одном и том же языке.

Однако автор ставит перед собой более сложную задачу, ограничивая свою цель следующими принуждающими связями: результат изучения методологии должен быть конструктивным, т. е. читатель должен овладеть принципами процедур решения проблем в такой степени, чтобы быть в состоянии применять их на деле; все процедуры должны быть внутренне увязанными; процедуры не должны зависеть от масштаба и характера проблемы; процедуры должны позволять идентифицировать, а следовательно, объединять или расчленять элементы проблем. Кроме того, книга должна быть краткой.

³⁵ Представление о работах в этом направлении дает сборник «Исследования по общей теории систем». Изд-во «Прогресс», 1969.

Конструктивизация всякой сложной методологии требует придания ей нормативной (аксиоматизированной) формы. В пределе такой формой может быть запись на языке символов, характерном для математики. Однако представленная в такой строгой форме системная методология станет малодоступной для широкого круга специалистов, а ее изложение—более скованным. Автор использует лаконичное, **описательное** изложение по существу **формальной** методологии, или, как иногда говорят, полужформальное, изложение. В принципе такое изложение предоставляет широкие возможности, делая интерпретацию формальных понятий активным средством разъяснения положений теории.

Аппарат понятий, используемых автором, весьма обширный. Почти каждому понятию дается операционное, т. е. системное, определение. Как правило, используются понятия высокого уровня общности. Такое изложение подчеркивает универсальный характер методологии и, на наш взгляд, способствует решению задачи книги. Интерпретация примеров играет большую роль в книге. Автор пользуется примерами из самых разнообразных областей—науки, транспорта, экономики, материально-технического снабжения, однако почти все примеры служат для пояснения проблем организации.

Характерная черта изложения заключается также в многократном переопределении одного и того же понятия, что заставляет читателя заново осмысливать содержание этого понятия, возвращаться к прежним определениям и выработать общую логическую структуру.

«Плотность» идей в книге чрезвычайно велика, почти каждая фраза наполнена значительным содержанием и требует осмысления. Книга построена в соответствии с принципом системного анализа — соблюдать равномерный уровень огрубления или точности, причем сам уровень определен по принципу «обо всем, но только самое существенное». Поэтому книгу можно рассматривать как миниатюрную энциклопедию по системному анализу.

В книге С. Л. Олпнера делается определенный шаг в сторону систематизации и организации материала. Один из наиболее важных моментов в этом смысле заключается в интерпретации понятия проблемы в терминах состояния системы. Это позволяет автору классифицировать проблемы на качественные, смешанные и количественные. В дальнейшем это позволяет ему естественным образом включить всю «системную» идеологию в рамки методологии решения проблем, как ее представлял еще Пойа.

Трудно установить критерий для оценки недостатков этой книги. Английский рецензент, например, считает недостатками книги отсутствие юмора и чрезмерное стремление к жесткому языку³⁶. Определенная категория читателей, видимо, будет согласна с этой критикой. Нам кажется, что более существенным недостатком является выпадение неоднократно упоминающейся идеи «открытой системы» из аппарата методологии. В гл. 4 нет даже упоминания о требованиях, вытекающих из этой идеи. В этом проявляется, возможно, слабая еще реализация идей общей теории систем, игнорировать которую автор, однако, не хочет.

Книга представляет интерес для разнообразных слоев читателей. Она может быть полезна разработчикам технических систем, а также разработчикам организационных систем в любых областях, в том числе специалистам по машинным системам управления. Большой интерес она может представить для специалистов, занимающихся развитием системной методологии как таковой.

*

Перевод книги С. Л. Олпнера представил значительные трудности. Незавершенность отечественной терминологии в этой области, отсутствие готовых способов выражения мыслей—словесных оборотов, — с одной стороны, метафоричность, свободное выражение мыслей, несмотря на их строгость, характерное для оригинала стремление только «поддерживать», а не передавать мысль словами—с другой,—вот основные источники затруднений. Работе над переводом способствовало осуществленное в 1967г.ЦЭМИ АН СССР издание промежуточного варианта перевода. Многие специалисты сочли возможным дать свои замечания и пожелания по книге и ее переводу. Отработке перевода способствовало также изложение материала книги на семинаре П. Г. Кузнецова в 1967 г. и в 1968 г. Большую помощь оказали при работе над вступительной статьей и переводом В. П. Боголепов, Е. К. Войшвилло, Б. В. Гавриловский и М. М. Лопухин.

Я искренне благодарен П. Г. Кузнецову и возглавляемому им коллективу ЛаСУРс, поддержка и внимание которых сделали подготовку перевода возможной. Я также признателен С. С. Волощуку за его многообразную помощь.

³⁶ Neil M. «Operational Research Quarterly», v. 17, № 1, March, 1966, p. 103—104.

Предисловие

Следуя философу Ральфу Бартону Перри³⁷, специалиста можно определить как человека, который с течением времени знает все больше и больше о все меньшем и меньшем, пока, наконец, он не станет знать почти все ни о чем. Наоборот, дженералист³⁸ определяется как человек, который с течением времени знает все меньше и меньше о все большем и большем, пока, наконец, он не будет знать практически ничего обо всем. Это утверждение, выраженное в типичной для доктора Перри шутливой форме, верно отражает явления, наблюдающиеся в настоящее время в деловом мире. Становится все более заметной возрастающая разница между ролью специалистов, и ролью дженералистов в деловом мире и правительственных учреждениях. На одних и тех же уровнях организации они часто выполняют совершенно различные функции и операции и играют разную роль в решении проблем.

В сегодняшнем, насыщенном техникой мире и специалисты, и дженералисты осуществляют жизненно важные функции. При решении проблем их функции должны быть объединены, что требует хорошей связи между теми и другими. Необходимая связь устанавливается правилами решения проблемы, определяющими их действия. Из-за недостатков правил решения проблемы она может быть разрешена только наполовину или же чрезмерно усложнена.

Назначение этой книги—помочь как специалисту, так и дженералисту. Специалист по вопросам деятельности фирм и правительственных организаций найдет в ней структуру, которую я придал системному подходу и методам решения проблем³⁹ и которая может помочь при решении конкретных проблем. Дженералист найдет в ней широкий круг идей, полезных при рассмотрении недостаточно определенных проблем большого масштаба. С целью помочь приложению идей решения проблем я старался точно определить понятия, используемые для описания систем и решения проблем. Кроме того, для лучшей иллюстрации предмета в книгу включено большое количество примеров, часть которых принадлежит к другим областям, помимо деятельности фирм и правительственных организаций.

Мне хотелось бы выразить благодарность Д-ру У. Гранту Айресону за его указания при подготовке книги.

³⁷ Р. Б. Перри (Perry R. B., 1876—1957), философ - неореалист, профессор Гарвардского университета в 1913—1946 гг., основатель теории познания неореализма. В политике придерживался буржуазно-демократических взглядов. Активный сторонник защиты мира и мирного сосуществования с социалистическими странами (по фил. энцикл.—*прим. перед.*)

³⁸ Задача дженералиста (generalist)—объединение знаний и действий специалистов при решении проблемы — выполняется в СССР руководителями тем, главными конструкторами и другими подобными лицами и их тематическими коллективами. У нас, так же как и в США, еще нет общепринятого термина для обозначения этого вида деятельности. Иногда используется «тематик» (в отличие от «отраслевик»), предлагается «универсалист» (Поваров, Мельников), «системщик» или «системник», «системотехник». Термин «дженералист» используется автором только в предисловии (*прим. перев.*).

³⁹ В оригинале: systems approach and problem solving (*прим. перев.*).

Введение

Я полагаю, что величайшая задача, которая встанет перед руководителями во второй половине XX столетия, будет заключаться в увеличении их способности выделять критические проблемы и постигать решения этих проблем. Развитие методологии решения проблем, обязанное электронно-вычислительным машинам, будет, в конце концов, оцениваться более сдержанно. Вычислительные машины, в самом деле, обеспечивают фантастическую скорость, предоставляют огромные возможности и большую гибкость при решении проблем. Они действительно стимулируют желание людей браться за такие новые проблемы, которые до появления машин находились вне поля их зрения. Однако вычислительные машины не могут находить новые крупные проблемы наших дней, а также обнаруживать области, где их применение дает огромные улучшения. Это могут делать только люди, и такое положение сохранится еще долго. В наше время одна из задач руководителей состоит в том, чтобы отточить используемый ими понятийный аппарат искусства решения проблем⁴⁰. Сделать это можно разнообразными способами. Одна из возможностей состоит в том, чтобы рассмотреть деловой мир, опираясь на уже существующее понятие «системы» и идеи «решения проблемы». Таким образом, общая задача этой книги — дать понимание роли «системы» и понимание «решения проблемы» в деловом мире.

Под «деловым миром» здесь понимается частное предпринимательство и деятельность правительственных, в частности, военных учреждений. Типичные проблемы, существующие в каждой из этих областей, представлены в следующем перечне.

Частное предпринимательство

- долговременное планирование:
 - продукции,
 - рынка,
 - эксплуатации,
 - финансов;
- приобретение и диверсификация⁴¹;
- исследования и разработки.

Деятельность военных организаций

- информационное обеспечение материально-технического снабжения;
- анализ структуры вооруженных сил;
- изучение эффективности затрат;
- анализ стоимости системы оружия.

Город, округ и штат

- создание центра сбора и накопления данных;
- городское и районное планирование⁴²;
- комплексные системы управления⁴³;
- планирование и контроль капитального строительства;
- подготовка бюджета и контроль его использования.

Системный анализ уже широко, хотя и с различной степенью успеха, применяется при решении военных проблем и проблем промышленности. По мнению некоторых, успех или провал решения проблем с помощью системного анализа зависит не от искусства, с которым проблема была сформулирована, а от умения экспериментировать с проблемой в целом. На успех применения системного анализа и на жизнеспособность получаемых с его помощью решений влияет также способность экспериментатора представить реальный мир проблемы в символической форме.

Не следует думать, что в результате обобщения методов решения проблем создан универсальный метод, устраняющий необходимость в специалисте по анализу систем. В той степени, в какой многократно повторяющееся рассмотрение альтернатив является существом метода, метод остается эвристическим⁴⁴. Проборы и ошибки продолжают существовать, но в рамках формальной процедуры. Метод решения проблемы фиксирует основные элементы анализа в надлежащем отношении к проблеме. Это *априори* вооружает человека, решающего проблему⁴⁵, пониманием того, какова структура частей проблемы и каким образом можно получить согласующееся с ней решение. Для решения

⁴⁰ Решение проблем является искусством в том смысле, что оно существенно опирается на эвристические, творческие способности человека. Однако эффективность решения зависит от запаса и точности понятий о предмете и методах исследования. «Отточить понятийный аппарат» — значит вооружить творческие способности человека инструментом понятий, имеющих точное, а не расплывчатое содержание. О развитии понятий см., например: Арсеньев А. С., Библер В. О., Кедров Б. М. Логика развития научного понятия. Изд-во «Наука», 1966. О содержании понятия см.: Воишвилло Е. К. Понятие. Изд-во МГУ, 1967 (прим. перев.).

⁴¹ Диверсификация — вложение средств в новые для фирмы области, находящиеся за пределами ее основного профиля. Цель диверсификации — обеспечить устойчивое положение фирмы в условиях меняющегося рынка (прим. перев.).

⁴² Пример см. в отчете «Возможности применения электронной обработки данных в городском планировании». С. Л. Оптнер и ассоциация, консультанты, 1959 г. (прим. автора).

⁴³ Пример см. в отчете «Эффективное и экономичное использование электронной обработки данных в делах округа». Отчет для округа Сан Матео, Калифорния. С. Л. Оптнер и ассоциация, консультанты, 1961 г. (прим. автора).

⁴⁴ Эвристическое мышление — творческий психический процесс, позволяющий человеку находить решение стоящей перед ним проблемы, используя процесс логического вывода лишь для последующей проверки и отработки решения. Об эвристике — науке, изучающей творческое мышление, — см. например, Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. Изд-во иностранной литературы, 1957

⁴⁵ В оригинале: problem solver, т. е. «тот, кто решает проблему». В отечественной литературе эквивалента нет, поэтому всюду переводится как «тот, кто решает проблему» (прим. перев.).

проблем, которым внутренне присуща нечеткая структура, метод располагает набором приемов, облегчающих процесс определения структуры.

Могут возникнуть сомнения относительно уместности применения общей теории решения проблем к проблемам делового мира. Некоторые критики считают, что деловой мир не подходит для использования научных методов. Утверждение, что деловой мир решает свои задачи в обстановке, отличной от той, в которой проводятся научные исследования, справедливо; что проблемы делового мира определены в значительно меньшей степени, чем научные проблемы, возможно, также справедливо; но то, что проблемы делового мира не подходят для анализа с помощью научных методов, несправедливо⁴⁶. Само по себе название «научный метод» ни о чем не говорит. Границу между точными и неточными науками провести трудно. Например, точность является только одной из проверок, с помощью которой ту или иную деятельность можно отнести к научной. Возможно, что наиболее существенная проверка состояла бы в том, выполняется ли анализ предмета без чисто описательных терминов⁴⁷. Если абстракция и обобщение используются⁴⁸, разница между науками становится, главным образом, разницей в степени. С другой стороны, если доводы нелогичны, понятия туманны, решения интуитивны и если требования не точны, а расплывчаты, то разница между «науками» становится разницей по существу. Однако такие качества не характерны для делового мира. Во всяком случае логичность, четкость, определенность и точность отражения действительности теми, кто принимает решения, таковы, что позволяют им вести дела. Дела, которые ведутся иным способом, не выживают. Поэтому способ ведения дел приходится изменять.

Абстракция—это средство, а не самоцель. Она является универсальным языком и в обоих более развитых формах мало что говорит непосвященным. В определенных условиях абстракция обладает огромным преимуществом, заключающимся в ее четкости. Переходя от реального мира к его различным символическим изображениям, специалист по анализу систем получает возможность анализировать то, что он наблюдает. Цель этого перехода не состоит в том, чтобы исключить детали или полноту реального мира в его символическом представлении. Специалист по анализу систем будет методично переходить от представления проблемы, полученного символическими методами, к реальному миру и обратно посредством повторяющегося, петлеобразного процесса. Этот повторяющийся процесс является средством, с помощью которого абстракция проблемы становится подобной ее двойнику в реальном мире. Одна из задач книги состоит в том, чтобы определить общие для деловых и промышленных систем компоненты методологии решения проблем.

Решение проблемы⁴⁹ определяется как деятельность, которая сохраняет или улучшает характеристики системы. Система есть средство, с помощью которого выполняется процесс решения проблемы⁵⁰. Сохранение или улучшение систем производится введением изменений, повышающих эффективность использования ресурсов. Этими ресурсами являются люди, материалы, оборудование, устройства, капитал и время. Изменение эффективности использования ресурсов измеряется:

1) увеличением или уменьшением потребности в ресурсах без соответствующего изменения в объеме стоимости и прибыли;

2) увеличением или уменьшением подверженности риску;

3) изменением некоторой относительной величины, измеряемой критериями.

Метод решения проблемы более сложный, чем проблема сама по себе, не должен применяться. Ясно, что обработка информации при решении деловых и военных задач может становиться очень сложной. Поэтому при синтезе подхода к решению проблемы жизненно важно распознать те трудности улучшения системы, которые могут обернуться неудачей для методологии. Такие проблемы относятся к группе, которую я называю группой качественных или слабоструктуризованных проблем, поскольку они содержат и известное и неизвестное, причем неизвестное имеет тенденцию доминировать, вызывая тем самым потребность в особенно точных аналитических методах⁵¹. Типичными проблемами такого рода являются:

- те, которые намечены для решения в будущем;
- те, которые сталкиваются с широким диапазоном альтернатив;⁵²
- те, которые требуют больших вложений капитала и содержат элементы риска;
- те, которые зависят от текущей неполноты технических достижений;
- те, для которых не полностью определены требования стоимости или времени;

46 По этим вопросам в конце 50-х годов в научной литературе США велась оживленная дискуссия. См., например: Weinwurt E. H. Limitations of the Scientific Method in Management Science. *Manag. Science*, 1957, v. 3, April, № 3, p. 225—263, а также Helmer O. and Resher N. On the Epistemology of the Inexact Science. *Manag. Science*, 1959, v. 6, № 1, p. 25—26 (прим. перев.).

47 Описательные термины отражают внешнюю, непосредственно воспринимаемую сторону явлений. «Без чисто описательных терминов» означает, что анализ выполняется с помощью терминов (понятий), отражающих более или менее глубокие сущности явлений (прим. перев.).

48 Обобщение есть переход от некоторого понятия к другому, более широкому по объему и потому более абстрактному. Наиболее простой способ такого перехода состоит в исключении из содержания исходного понятия какого-либо из признаков. Абстракция—отвлечение от некоторых признаков явлений, не существенных для решения задачи, или отвлечение для упрощения решения на некотором этапе. Определение этих операций см. в кн. Е. К. Войшвилло «Понятие». Изд-во МГУ, 1967, стр. 1, 17—222 (обобщение) и стр. 118, 254 (абстракция) (прим. перев.).

49 Шрифтом автор всюду выделяет определяемые понятия (прим. перев.).

50 В этих определениях имеются в виду разные системы. В первом определении — система, недостатки которой не позволяют получить желательные характеристики. Во втором определении система—средство для решения проблемы (прим. перев.).

51 Иными словами, качественное развитие в промышленности, деловом мире и многих других областях является в настоящее время решающим (прим. перев.).

52 Качественная и количественная стороны любого объекта неразделимы: не существует качества, которое не могло бы быть охарактеризовано количественно; не может быть количества, не приписанного какому-либо качеству. Проблема может, однако, заключаться не в недостатке количественной характеристики какого-либо свойства объекта, а в отсутствии необходимых свойств. В этом случае решение проблемы становится поиском нового качества. Задача отыскания нового качества является задачей на вскрытие логической структуры, скрывающей это качество. Неизвестным является структура. Именно это обстоятельство дает автору право называть такие проблемы качественными или слабоструктуризованными.

- те, которые являются внутренне сложными вследствие комбинирования ресурсов, необходимых для их решения.

Методология, дающая системное решение проблемы, в первую очередь нацелена именно на такие крупномасштабные, сложные проблемы. Эти проблемы являются исключительно трудными для решения и могут состоять из количественных и качественных элементов. Разрешение таких проблем, имеющих смешанный и неопределенный характер, наиболее критично для нашего сегодняшнего мира и является самой важной областью для приложения способностей руководителей и специалистов по анализу систем.

Особый интерес представляют такие проблемы среднего и большого масштаба, для решения которых, системы должны конструироваться сегодня, хотя их действие планируется на будущее. Риск при решении таких проблем оказывается большим потому, что для их решения будущее должно быть предсказано достаточно детально. Чем дальше во времени, тем больше риск и тем больше должен рисковать тот, кто решает проблему. Большой риск может проявляться в непоправимых потерях или в нездоровом росте, возникающих в различных областях. Он может принимать форму большого расхода фондов, дублирования разработок изделий, удвоения персонала, устройств и оборудования, неоправданного расхода времени или неопределенности степени успеха.

Методология решения проблемы не требует, чтобы желаемый уровень успеха был точно определен или чтобы система, с которой можно было бы сравнивать решение, существовала с самого начала. Даже нет необходимости и том, чтобы проблема была полностью понята или чтобы она была четко и полно сформулирована. Решение этих вопросов—задача специалиста по анализу систем, который должен восстановить все недостающие элементы и структуру не полностью определенной проблемы⁵³, ее альтернативы и решения. Специалист, решающий проблему, может выделить систему (состояние которой порождает проблему—прим. перев.), подлежащую изучению, способом, отличным от того, каким была первоначально определена проблема. Если он находит, что исходная формулировка проблемы содержит нечто излишнее, противоречивое или неудовлетворительное, то он может устранить эти недостатки, а саму проблему — корректно поставить. Таким образом, задача специалиста, решающего проблему, в частности, состоит также и в том, чтобы определить проблему.

Можно сказать, что при решении проблем делового мира цель заключается в том, чтобы провести их анализ и решение с такой точностью, какая присуща самой проблеме. Безотносительно к величине или сложности проблемы, цель состоит в том, чтобы улучшить существующие методы, посредством которых оцениваются проблемы, находятся решения и проводится их исполнение. Методология решения проблем обеспечивает дополнительные средства для внесения объективности при анализе положения дел. Хотя решения проблем находятся людьми и вычислительными машинами и хотя машинные программы для отыскания решений составляются людьми, при нахождении решений наиболее важными пунктами остаются объективность и логичность. Объективность является основным требованием при наблюдении. **Рациональность** (логичность) определяется как процесс мышления, основанный на использовании логического вывода. Объем знаний, широко подтвержденный наблюдениями, становится **очевидностью**. **Наблюдение** есть процесс, посредством которого данные отождествляются с системой для последующего объяснения этой системы. **Объяснение** определяется как логический вывод утверждения, из хорошо установленных фактов. Процесс объяснения должен быть рациональным, т. е. проведенным логично⁵⁴.

Существование рационального ведения дел обуславливается необходимостью гарантировать прибыль. Этим не утверждается, что менее прибыльными компаниями управляют нерационально. Это также не означает, что руководство весьма прибыльных компаний осуществляется полностью рационально. Использование этого термина имеет в виду только ту мысль, что погоня за прибылью сама по себе должна подчиняться определенной дисциплине. Для получения прибыли необходимо, чтобы существовала тенденция исключать намеренно нерациональные действия. Если дела ведутся успешно, то большинство решений не противоречит разуму или логике⁵⁵.

Что играет роль прибыли в деятельности военных или правительственных учреждений? Трудно подыскать ей какую-либо замену. Но все же для поведения этих организаций существуют вполне определенные ограничения, порождающие тенденцию наполнять функции организаций рациональным содержанием. Эти ограничения, однако, отличаются от тех, которые имеют место в частном предпринимательстве. Общество не спрашивает за ошибки, обнаруженные в деятельности военных или правительственных организаций, таким же образом, каким с руководителя фирмы спрашивают за текущие потери. Типичными ограничениями для общества в целом являются национальная безопасность, законы о земле и балансирование сил с правом вето. Одним из факторов, способствующих возникновению рационального поведения в частном предпринимательстве и правительственных органах, является организация сама по себе. Люди, строя организацию, создают силу внутренней дисциплины, которая заставляет всю организацию улучшать свою эффективность⁵⁶. Точно так же предположение о том, что руководство должно быть эффективным и что такой же должна быть деятельность граждан, порождает дополнительные стимулы для организации как целого.

Можно допустить, что те, кто подготавливает решения в деловом мире, стремятся к сохранению или улучшению эффективности операций. Термин эффективность используется вместо термина прибыль. Последний должен применяться, если рассматривается только та деловая деятельность, которая имеет целью прибыль. Эффективность есть степень фактического достижения результата. Эффективность относительна, в то время как возникновение потребности в совершенствовании процессов и решение задач является человеческим бытием.

⁵³ «Не полностью определенная проблема» — синоним «слабоструктурированной проблемы» (прим. перев.)

⁵⁴ Теория объяснения является важным разделом современной логики. См. обзорную статью Никитина «Структура научного объяснения» в сборнике «Методологические проблемы современной науки». Изд-во МГУ, 1964 (прим. перев.)

⁵⁵ Конечно, бессмысленные или нелогичные действия не обеспечат получения прибыли, но вряд ли советский читатель согласится, с тем, что погоня за прибылью, когда она становится самоцелью, не противоречит разуму (прим. перев.)

⁵⁶ При определенных условиях, достаточно вспомнить «законы Паркинсона», чтобы представить себе содержание этих условий (прим. перев.).

Изложение методологии, позволяющей решать проблемы делового мира, в этой книге начинается с рассмотрения некоторых характеристик решения проблем в мире науки. Прежде всего читателю будет представлена методология экспериментатора. Количественные стороны решения проблемы будут рассматриваться параллельно с теми сторонами проблемы, которые являются качественными или слабоструктуризованными. Вместе с методами решения проблем будет кратко рассмотрен эвристический подход и некоторые типичные трудности, связанные с данными.

Затем мы обратимся к системе и рассмотрим понятия, которые используются для описания делового мира. Системы разбиваются на различные категории, и каждая категория систем обсуждается. Типичными категориями систем, принимаемыми к рассмотрению, являются физические, абстрактные, централизованные, сделанные человеком, естественные, человекомашинные и полные (тотальные) системы. Выделяются и рассматриваются одна за другой характеристики систем, используемых в деловом мире. Для принятого набора характеристик исследуется функциональное и операционное содержание деловых систем.

Управление с помощью обратной связи определяется как одна из характеристик систем, применяемых в деловом мире. Управление является средством обработки входа и выхода⁵⁷ для измерения степени использования ресурсов. **Обратная связь** определяется как системный процесс, который сравнивает критерий и выход. **Управление** определяется как ограничение, при котором действует система: цель состоит в том, чтобы сохранить или улучшить ее характеристики; **принуждающие связи**⁵⁸ являются средством, с помощью которого устанавливается предел использованию ресурсов.

Тщательное определение управления с помощью обратной связи необходимо потому, что оно имеет фундаментальное значение для объяснения решения проблем в слабоструктуризованных областях делового мира. Управление как явление делового мира объясняется посредством анализа составляющих его компонентов: их элементами являются модель выхода, операция проверки соответствия и модель воздействия. Управление с помощью обратной связи в его функциональных и операционных аспектах рассматривается как адаптивный процесс решения проблемы и обучения. Этот процесс отождествляется и связывается с деловой деятельностью и с различными видами систем. Представляются функциональные элементы процесса нахождения решения, а также и другие существенные стороны этого процесса.

Затем будут рассмотрены некоторые аспекты итеративных процессов решения проблем и освещены вопросы альтернатив, предположений, критерия и риска. Чтобы иллюстрировать трудности количественного описания слабоструктуризованных систем, исследуются три характеристики проблемы: время, стоимость и эффективность. Выбор курса действий представляется как систематическая манипуляция системными характеристиками для достижения удовлетворительного компромисса, обычно меньшего, чем оптимальное решение.

Характеристика проблем делового мира

Решение проблем делового мира с помощью систем

Цель этой книги состоит в том, чтобы вместе с читателем рассмотреть процесс решения проблем делового мира со всех сторон, на всех уровнях и с различных точек зрения. При этом я принимаю следующие принуждающие связи:

1. Рассмотрение должно содержать элементы методологии решения проблем (например, содержать принципы процедур).
2. Процедуры решения проблем должны быть внутренне увязаны.
3. Процедуры решения проблем должны быть равно приложимы как к простым, так и к сложным проблемам.
4. Процедуры должны позволять объединять или расчленять элементы проблем.

Чтобы достичь этой цели, я обратился к идее рассмотрения делового мира как системы. Существуют четыре соображения, заставившие меня это сделать. Во-первых, системная концепция дает возможность устанавливать как общие, так и специальные качества проблемы. Ответственные руководители обычно не применяют идею системы при решении проблемы⁵⁹. Как правило, они находят утилитарное решение проблемы для конкретного случая.

Проблемы возникают в непрерывно меняющихся обстоятельствах. В используемом ответственным руководителем процессе нахождения решения могут возникать две типичные ситуации: либо проблема может быть такой же, как и предшествующая, но обстоятельства, в которых она возникла, могут быть иными; либо же может быть, что обстоятельства, в которых возникла проблема, те же, но сама проблема изменилась.

В каждом из этих случаев встают следующие основные вопросы:

- Подготовлен ли ответственный руководитель к применению метода решения проблем? Или, полагаясь на свою интуицию, он собирается применить старое, проверенное решение к стоящей перед ним новой проблеме?
- Применимо ли старое, проверенное решение к тем условиям, в которых возникла и существует новая проблема?

57 Выход (output) системы есть результат процесса преобразования входа (input) с помощью системного процессора (processor). В переводе приняты термины «вход» и «выход», введенные в употребление Г. И. Поваровым при переводе книги Г. Х. Гуда и Р. Э. Макола «Системотехника». Изд-во «Советское радио», 1962 (прим. перев.).

58 Определение понятия «принуждающие связи» см. на стр. 67. В оригинале термин «принуждающие связи» обозначен словом «constraints» (прим. перев.).

59 Здесь Оптнер имеет в виду тех руководителей, к которым адресована его книга и которые еще не освоили и не применяют методологии системного анализа. Вообще системный анализ весьма широко применяется в США для решения проблем промышленности, как это отмечает и автор во введении (прим. перев.).

- Каким образом ответственный руководитель пришел к выводу, что старое решение является достаточно общим, чтобы быть подходящим для данного случая?
- Есть ли мера риска, которая позволит установить наличие риска в решении проблемы?
- Есть ли мера потенциального дохода для определения предпочтительного или «лучшего» решения данной проблемы?

Если сходство между проблемами было только поверхностным, успех, которого сможет добиться руководитель при применении проверенного решения, будет несколько ограниченным. Мы знаем из опыта, что многие новые проблемы могут быть разрешены с помощью старых решений, несмотря на изменение обстоятельств. Ответственный руководитель должен в процессе решения проблемы оценить степень сходства новой проблемы со старой. Результат оценки и определит, должно ли применяться новое или старое решение.

Однако в нашем распоряжении есть мало средств для определения сходства проблем в условиях делового мира. Иногда трудно соотнести проблемы и решения. Это может происходить из-за того, что одинаковые проблемы разделены временем, или из-за давления обстоятельств, в которых принимаются решения. Решение проблемы в деловом мире оказывается существенно зависящим от тщательного, детального рассмотрения влияющих факторов. Эти факторы не всегда непосредственно связаны с проблемой в целом.

Рассмотрим теперь второе соображение в пользу использования системной методологии. Решения, в условиях делового мира имеют тенденцию определять **конечный исход**. Решения, определяющие конечный исход, описывают конечные результаты безотносительно к промежуточным исходам и альтернативам. Противоположностью решения, определяющего конечный исход, является решение, которое может быть охарактеризовано, как решение, определяющее процесс. При использовании **решения, определяющего процесс**, проблема представляется как внутренне сложная безотносительно к ее кажущейся простоте. Определение процесса требует, чтобы проблема была разделена на свои составляющие, последовательно соединенные части. Такое разбиение проблемы на осмысленные части обеспечивает формальную перестройку ее структуры, что и позволяет найти решение.

Решение проблемы, определяющее конечный исход, полезно потому, что во многих случаях ответственные руководители вынуждены принимать бесчисленные решения под давлением требований обстановки («по запросу») ⁶⁰. Поскольку выработка решений, определяющих процесс, требует больше времени, возникает тенденция использовать их только для тех проблем, которые не требуют решений «по запросам». Решения, определяющие процесс, нуждаются в изучении с помощью формального аппарата, стоят дорого и требуют больше времени, чем решения, определяющие конечный исход. Они, таким образом, наиболее ценны в приложении к крупномасштабным, сложным проблемам, где ставка велика и где руководство согласно вкладывать средства только после получения тщательно обоснованного заключения.

Существует также еще один довод в пользу того, чтобы применять два типа решения проблем — решения по системе ⁶¹ и решения по процессу. Из дальнейших разделов книги читателю станет очевидным, что решения состоятся из нескольких частей, которые предшествуют друг другу в порядке их необходимого приоритета. Чтобы можно было практически применить эти компоненты решения, решение проблемы нужно представить как совокупность детальных процессов, надлежащим образом связанных во избежание, логической непоследовательности.

Третье соображение в пользу использования идеи системы состоит в том, что системный подход дает возможность построить объективный стандарт, позволяющий организовать проблемы для их решения. **Объективный стандарт** есть не субъективное средство, позволяющее определить в терминах установленного критерия, включающего конкретные правила или принципы, какие отношения должны быть. Объективный стандарт дает возможность глубоко проникать в содержание проблемы и тем самым позволяет обобщать явления делового мира ⁶².

С точки зрения физика, объективный стандарт должен иметь смысл и быть демонстрируемым где угодно. Более того, он должен выдержать испытание временем и многократные проверки, проводимые другими лицами. Объективный стандарт полезен благодаря тому, что в его основе лежит демонстрируемый факт. Если ошибочность решения не может быть доказана экспериментальной проверкой ⁶³, тогда становится оправданным построение решения как конструкции из истин, на каждую из которых исследователь может положиться в определенных пределах. Эти истины в конечном счете могут быть названы **законами** или **аксиомами**.

В деловом мире или промышленности, в деятельности военных или правительственных учреждений законов этого типа мало, если они вообще есть. Если такие законы есть, то их трудно выделить. Если же нечто подобное «закону» найдено, его применение ограничено какой-либо отдельной областью: только промышленностью, только некоторым географическим районом или некоторым процессом.

Нехватка действенных обобщений, отражающих явления делового мира, заставляет сосредоточить внимание на средствах, позволяющих объективно организовать эти явления. Операции, не основанные на обобщениях, становятся расходящимся рядом входов, процессов и выходов, никогда не повторяющихся дважды, хаосом причин, результатов,

60 Определение проницания при этом производится в ходе работы нижестоящими руководителями и исполнителями {прим. перев.}.

61 1 Решения, определяющие конечный исход, описывают новую систему, решающую проблему, и поэтому могут называться «решениями по системе» (прим. перев.).

62 Объективный стандарт, как он здесь определяется автором, является выражением основной концепции, лежащей в фундаменте системной методологии и состоящей в утверждении, что «реальность существует только в форме систем; все системы, проблемы и решения в известном смысле одинаковы». Методология решения проблем, опирающаяся на такую концепцию, естественно, должна выдвигать идею «объективного стандарта» (прим. перев.).

63 Существует большое количество решений, и притом имеющих важное значение, которые не могут быть подвергнуты экспериментальной проверке до их исполнения. К таким решениям могут, например, относиться решения о структуре и мощности вооруженных сил, необходимых для военного решения задачи; об ожидаемой реакции природы на воздействие человека; о социальных последствиях тех или иных сторон научного прогресса. В этих случаях для нахождения решений могут использоваться модели, построенные из «истин» (прим. перев.).

совпадений, случайностей и успехов или провалов. Идея системы предназначена не для изучения отдельных явлений, а для изучения полного комплекса явлений, порождающего окружающую данный процесс обстановку и его состояние.

Деловая деятельность, рассматриваемая через призму объективно установленного набора системных правил, примет вид системы. Специалист по анализу систем, изучающий задачи делового мира, увидит объективную структуру процесса деловой деятельности. Его цель будет состоять в том, чтобы выяснить характеристики системы и сопоставить с ними определенные качества. Эти характеристики будут называться **системными параметрами**. **Параметры** есть произвольные постоянные, дающие количественную оценку конкретной системы (или компонента) по каждому ее качеству. **Качество параметра** есть конкретная величина, приписанная параметру в данной операционной ситуации.

Рассмотрим теперь четвертый довод в пользу использования системных идей в деловом мире. Многие выявленные проблемы промышленности оказываются количественно-качественными проблемами. **Количественными проблемами** являются те, для которых решения получаются путем использования predetermined способов манипулирования числами. **Качественные проблемы** являются не числовыми и связаны с детальным перечислением будущих или плохо определенных ресурсов и их свойств или характеристик. По мере улучшения понимания проблем, имеющих количественные и качественные аспекты, количественные их стороны более легко фиксируются и становятся более возможными точные количественные решения. Исследование операций уже сделало много полезного, применяя математику для решения проблем делового мира, обороны и правительства.

Однако для решения тех проблем делового мира, которые еще не вышли из качественного состояния, количественные методы имеют ограниченное применение. Поэтому необходимо ввести в действие другие методы, позволяющие разумно решать качественные проблемы. Проблемы, обладающие и качественными и количественными сторонами, будут называться **смешанными**.

Системный анализ является новейшим методом, позволяющим справиться с такими смешанными проблемами. Труднее всего работать с качественными проблемами, поскольку они неполностью структурированы. Кроме того, качественные проблемы не могут быть легко выражены в их логических компонентах. Неудивительно, что в этой широкой области главную роль играют суждение, интуиция, опыт, а иногда просто осторожность или безрассудность. Назначение системной методологии состоит в том, чтобы создать работоспособную структуру для решения этих трудных проблем. Из этого следует, что методология решения проблем делового мира и промышленности должна позволить:

- 1) предписывать систему, которая функционально организует общий процесс решения проблемы;
- 2) обуславливать параметры системы, которые дают структуру, необходимую для решения проблемы;
- 3) описывать модели системы и ее возможности, что позволяет осуществлять итерацию альтернатив выходов процесса решения проблемы⁶⁴.

Общая схема решения проблем

Задача ученых состоит в изучении природы. Выполнение этой задачи становится возможным благодаря использованию учеными знаний и профессиональных методов. Например, физик исследует связь причины и следствия, используя свою специальную подготовку для наблюдения и измерения⁶⁵. Допустим, что в некоторой ситуации отношение между причиной и следствием не может быть легко установлено. Тогда экспериментатор придает эксперименту структуру работающей модели явления, в которой он сам играет роль наблюдателя. Он выполняет необходимые для эксперимента условия, обеспечивая подачу некоторых входов, используя устройства обработки, средства, поддерживающие синхронность обработки, и устройства для записи результатов. Рассматривая результат, экспериментатор устанавливает, что произошло в изучаемом процессе, и связывает это со своим пониманием физического мира.

В зависимости от того, имела место удача или неудача, он может повторить свой эксперимент. Прежде всего он стремится определить, можно ли воспроизвести результаты эксперимента. Однако экспериментатор равно заинтересован и в изменении процедур и методов эксперимента, чтобы наблюдать отклонения и изменения в результате. Наблюдая за результатами, он может узнать нечто большее о мире и нечто большее о своих собственных первоначальных результатах. В конце концов, экспериментатор может оказаться способным оказать влияние на скрытые свойства изучаемого предмета.

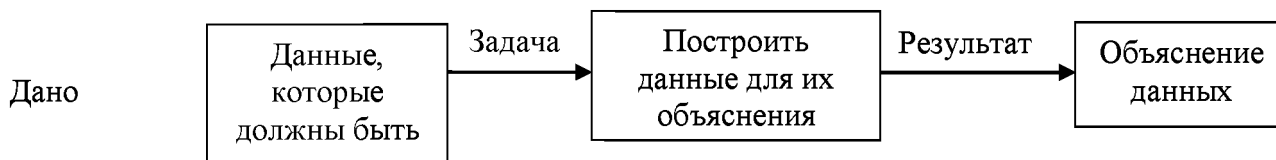


Рисунок 1.1

64 В п. 1 имеется в виду система, позволяющая создать систему, решающую проблему; в пп. 2 и 3—собственно система, решающая проблему {прим. перев.}.

65 Метод решения проблем является общим для всех областей человеческой деятельности. На это неоднократно указывал известный педагог и математик Д. Пойа в своих книгах «Как решать задачу», Учпедгиз, 1959 и «Математика и правдоподобные рассуждения», Изд-во иностранной литературы, 1957. Демонстрация этого метода на примере естественных наук является более наглядной и, по замыслу автора, должна подчеркнуть общность метода научного исследования и метода решения проблем делового мира. Этот и последующие разделы «Экспериментатор и эксперимент», «Экспериментальный метод» имеют целью показать сущность научного метода исследования (прим. перев.).

Ничто так не уместно в качестве примера представленного выше процесса, как работа Кеплера при формулировании уравнений для планеты Марс. Кеплер ставил перед собой задачу объяснить данные прямых наблюдений, сделанных Тихо Браге⁶⁶, с помощью гипотезы, состоящей в том, что орбита Марса — точный круг. Эта гипотеза соответствовала взглядам астрономов XVI века. Задача Кеплера состояла в том, чтобы взять данные Браге и определить, содержит ли простейшая кривая (представляющая форму орбиты) все эти данные. Эта постановка задачи представлена на схеме рис. 1.1.

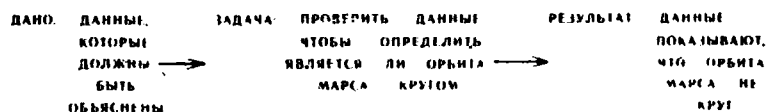


Рис. 1.2.

Переформулируем теперь проблему в терминах первоначальной гипотезы Кеплера⁶⁷. В этом случае постановка задачи может быть представлена, как это сделано на схеме рис. 1.2. Оказалось, что уравнение орбиты и данные противоречат друг другу. Расхождения были Кеплером обнаружены, и можно предположить, что его первой реакцией было сомнение в точности наблюдений Браге. Но после того, как точность данных подтвердилась, Кеплер направил свое внимание на гипотезу о форме орбиты. Это само по себе было огромным разрывом с традиционным мышлением того времени.

Вторая гипотеза Кеплера состояла в том, что орбита Марса – овал. Выбор этой формы основывался на теории площадей, с помощью которой математики того времени пытались определить орбиты планет. Но данная форма содержала много фундаментальных проблем, связанных с построением, которые Кеплер не мог разрешить. И снова данные, их объективное представление и структура, которая их связывала вместе, ускользали от экспериментатора.

Работа Кеплера над данными Браге началась около 1600 г. Конечным -результатом исследований Кеплера явилось открытие эллиптической орбиты планеты Марс, с которой данные Браге согласовывались. Теория, объединяющая результаты Кеплера, утверждает, что планетарная орбита Марса эллиптична, что Солнце находится в точке фокуса (1609 г.), что Марс в своем движении по орбите описывает площади, пропорциональные времени его обращения (1609 г), и что квадрат времени его прохождения пропорционален кубу большой оси эллипса или его среднему расстоянию до Солнца (1619г.).

Эта монументальная работа, являющаяся типичным решением проблемы, выделяется той невероятной объективностью, которую экспериментатор внес в свой долгий, утомительный эксперимент. Без сомнения, именно эта сторона является наиболее значительной и фундаментальной характеристикой всякого научного экспериментирования. Сущность процедуры Кеплера не заключалась в простом переходе от данных к проблеме и результату. Было сделано большое количество итераций в каждой части проблемы. Но каждый эксперимент проводился при двух условиях: во-первых, использовались данные Браге и, во-вторых, форма орбиты должна была соответствовать данным Браге. **Принуждающие связи** могут быть определены как нечто, осмысленно ограничивающее цель⁶⁸.

Экспериментатор и эксперимент

По сравнению с исследовательской лабораторией в деловом мире есть немного областей, в которых применимо экспериментирование. Но даже в лаборатории исследования редко бывают «чистыми», гораздо чаще — прикладными. Это может объяснить, почему деловой мир относительно редко выдвигает своих «философов». В его ежедневных проблемах не может возникать сомнений относительно природы мира. Долговременные проблемы, если их детали неполны или если существует слишком много возможностей для выбора, могут быть менее определенными.

В этой последней области научные основы решения проблем еще не установились даже для ограниченного класса проблем. «Системный подход», «исследование операций» и «анализ стоимости» — ранние проявления того, что в дальнейшем может стать научными основами решения проблем делового мира.

До самого последнего времени деловой мир, в отличие от научного мира, для которого так типично экспериментирование, не ощущал необходимости экспериментировать. Первые обнадеживающие эксперименты начались в организациях, применявших вычислительную технику для обработки деловых и технических данных. Для большинства компаний наибольшим препятствием в применении вычислительных машин явилась их неспособность найти структуру осмысленных, увеличивающих сбыт или прибыль, экспериментов⁶⁹. Ценность эксперимента в деловом мире также может быть поставлена под сомнение по той причине, что организация (целостности) в частном предпринимательстве, военные и правительственные организации являются открытыми. **Открытость организаций** заключается в том, что для действия в данной обстановке организации обязательно должны воспринимать и отфильтровывать разнообразные случайные входы, не являющиеся ни полезными, ни ценными. В отличие от Кеплера, чья система была закрытой (относительно свободной от случайного входа) и включала все относительно немногие

⁶⁶ Тихо Браге (1546—1601), датский дворянин, в 1576 г. основал первый в Европе научный институт Ураниборг на острове Вен в Зундском проливе. Впервые осуществил там точное определение положения звезд и планет. Последние годы жизни работал в институте императора Рудольфа II в Праге

⁶⁷ Иоганн Кеплер (1571—1630), сын бедных родителей, первый крупный протестантский ученый. Был ассистентом Тихо Браге, когда он работал в Праге (по Дж. Берналу—*прим. перев.*).

⁶⁸ В данном примере цель заключалась в определении формы орбиты Марса; принуждающими связями являлись: 1) использование данных Браге, 2) форма орбиты должна соответствовать данным Браге {*прим. перев.*}.

⁶⁹ Имеется в виду неспособность создать такую систему управления с применением ЭВМ, которая решала бы действительную проблему компании (*прим. перев.*).

альтернативы, современный руководитель выполняет свои функции в мире, который становится другим и усложняется каждый день. Более того, проблемы ответственных руководителей совершенно не похожи на проблемы Кеплера. Кеплер шел вперед в логичной, последовательной, не произвольной обстановке. Ответственный руководитель должен также иметь дело и с явлениями, которые он характеризует как нелогичные, непоследовательные или произвольные.

Тем не менее деловой мир может улучшить ведение дел, используя некоторые приемы Кеплера в решении проблем. У каждого ответственного руководителя, рассматривающего любую крупномасштабную проблему, есть что-то общее с великими математиками. Например:

1. Почти все руководители имеют дело с проблемами наблюдения явлений и точности информации.
2. Каждый руководитель понимает смысл информации на основе знания того, что, как предполагается, она описывает.
3. Анализ любой проблемы может поставить под сомнение надежность информации и способ ее получения.
4. Если точность или аккуратность информации под вопросом, то ответственный руководитель почти определенно поставит под сомнение жизненность вывода, полученного на основе этой информации.
5. Ответственные руководители периодически справляются с проблемами, возникающими из-за неправильного понимания причин и следствий отношений, свойственных данной ситуации. Таким образом, оказывается, что в сфере делового мира есть место для применения общей научно-ориентированной методологии решения проблем. Задача состоит в том, чтобы исследовать возможность улучшения решения проблем в неполностью структуризованном открытом деловом мире. Первый шаг состоит в том, чтобы рассмотреть метод исследователя в научном мире,

Экспериментальный метод

Формализованный анализ явлений содержится в классической процедуре эксперимента. Вход или результаты явления могут быть названы данными. Термин **данные** определяется как величина, число или отношение, вводимые в процесс или получаемые из него. Данные могут быть также и не числовыми. Например, факты, принципы, утверждения или другие материалы, на которых основываются аргументы, также могут являться данными. **Информация** определяется как знание, полученное из анализа данных⁷⁰. Данные, полученные из наблюдения явлений, могут перестраиваться осмысленным образом, но без искажений или фундаментальных изменений. Из данных исследователь выводит сущность явления, чем и описывает состояние неизвестного. Он старается определить, могут ли данные удовлетворить условию. **Условие** образуют все необходимые положения, которые посредством ограничений и описаний определяют характер системы.

Экспериментатор может пытаться определить, достаточна ли комбинация данных и условий, чтобы объяснить явление в целом или только ту его часть, которая отражает неизвестное. В ходе этого процесса он может строить модели, повторять свои эксперименты, накапливать больше данных, проверять согласованность внутри полной выборки данных и пересматривать неизвестное.

В отчаянии от бесконечных повторений экспериментатор может обратиться к аналогичной, но уже решенной проблеме, сходные данные которой не вызывают сомнений, или же к аналогичному условию, которое определяло принуждающие связи уже известного процесса. Здесь, таким образом, находится точка первого подхода к проблеме: решение новой проблемы может быть заключено в старой, уже решенной проблеме. Возможно, что единственным ключом, в которое нуждается экспериментатор, чтобы открыть решение, является специальный способ рассмотрения данных. Или же, подобно Кеплеру, он может увидеть решение в хорошо знакомом ряду известных, сложных отношений, приложимых к новой проблеме. Вооруженный новым пониманием экспериментатор может применить свежий подход и поставить работу в новом направлении.

Все же и в этом случае его может постигнуть неудача. Предполагая, что он уже сделал все, что мог, экспериментатор может счесть проблему слишком большой, чтобы ее можно было разрешить в один прием. Тогда он может разделить проблему на части, более доступные исследованию. Вместо того чтобы иметь дело с одним сложным явлением, экспериментатор сможет более эффективно работать со многими простыми явлениями. Разделяя проблему на части, он может узнать о своей проблеме многое такое, что нелегко было понять, наблюдая только конечный результат многоступенчатого процесса. На этой стадии исследования решения одних частей проблемы станут самоочевидными, в то время как другие ее части еще могут требовать решения. Всегда может случиться, что некоторая часть проблемы будет неограниченно ускользать от окончательного решения.

Но у экспериментатора есть и другие альтернативы. Он может на некоторое время оставить в стороне интересующую его проблему и атаковать некоторые родственные ей проблемы, которые, как он чувствует, принесут ему полезные результаты. Работа над родственной проблемой может прямо или косвенно снабдить его предпосылкой, на которой он попытается основать полное решение. Потерпев поражение и в этом, он может систематически изменять неизвестное или же менять условия, из-за которых возникает несогласующийся результат. Изменение неизвестного, условий или любых других частей эксперимента должно контролироваться. Экспериментатор должен сохранять полные и точные записи изменений в процедурах и учитывать их влияние на экспериментальные результаты. Экспериментатор должен обладать способностью идентифицировать процедуры, которые были им добавлены или исключены, и элементы явлений, которые при этом возникли или исчезли.

Ежеминутное документирование деталей изменяемых процедур дает возможность продолжать исследование причины и следствия.

Общая структура изложенного выше метода та же, что и у проводимого под контролем метода проб и ошибок. Средством является методичная итеративная процедура, которая сравнивает экспериментальные результаты с тем, что известно, и с тем, что неизвестно. Эксперимент проводится при следующем ограничении:

⁷⁰ Необходимо обратить внимание на то, что при таком определении данные, сами по себе, не являются информацией (прим. перев.).

экспериментатор исследует свою проблему, сохраняя неизменными цели и принуждающие связи эксперимента. Экспериментатор использует фиксированную процедуру и располагает такой небольшой свободой, которая позволяет ему изменять результаты своего экспериментального процесса только систематически. В тщательно спланированном физическом эксперименте нет ничего произвольного, туманного или несогласованного. По идее, в проведении эксперимента содержится даже что-то еще более фундаментальное. Возможно, это лучше называть **методологией**⁷¹, так как в основе формальной последовательности эксперимента лежит определенный порядок. Методология может быть определена как собирательный, формальный элемент искусства эксперимента, в данном случае — искусства решения проблемы.

Уровень точности, обеспечиваемый методологией решения проблем при ее применении в деловом мире, может быть поставлен под вопрос. В научном мире экспериментатор всецело полагается на использование машин и математики. Эти инструменты дают возможность получать тот уровень точности, который он желает. Знание физических законов, математическая строгость и возможности машин являются вооружением экспериментатора, атакующего сложную проблему.

К сожалению, для делового мира требуется гораздо больше, чем машины и математика. В нем имеются специалисты по рабочей силе и сбыту, заказчики, конкуренты, материалы, устройства и бесчисленное множество специальностей и видов ресурсов. Все они в какой-то степени оказывают прямое или косвенное влияние на проведение дел компании, заинтересованной в использовании эксперимента для улучшения сбыта или увеличения прибыли. Короче говоря, в самой деловой деятельности нет ничего, что бы порождало те последовательные, ясные условия, при которых процветает классический научный эксперимент. Машины и математика в той степени, в какой они сейчас используются, не могут сами по себе проникнуть в деловую деятельность. Поэтому первый шаг должен состоять в таком разделении данных и явлений деловой деятельности, чтобы мы могли внести в их изучение необходимые, элементы научной методологии.

Количественный анализ

Проблемы, которые выражаются в числах или в таких символах, которые, в конце концов, могут быть выражены в числовых оценках, являются **количественными**. Существует много частично не количественных деловых проблем.

Исследуя количественные проблемы, мы замечаем их основные особенности. Первой из них является **точность**. С помощью методов статистики специалист может установить для данного отношения значение или диапазон значений. С помощью вычислительной машины он может воспроизвести структуру проблемы и решить проблему двадцать раз. Он затем может предложить руководству три лучших решения для данного проекта с наиболее подходящей комбинацией прибыли и риска. Специалист может оценить **надежность решения**⁷², устанавливая доверительные интервалы или вероятность осуществления решения⁷³. Тесно связано с надежностью ее зеркальное отражение—**строгость**⁷⁴. Пользуясь математическими методами, специалист может установить критическое значение величин с определенностью, невозможной в любых других областях.

Вторая особенность количественных проблем состоит в легкости манипуляций и может быть названа **управляемостью**. Использование чисел и систем для управления ими (методов статистики, исчислений, алгебры) дает возможность вести анализ вопросов произвольного характера. Ответ на некоторые проблемы может быть получен с помощью простой арифметики, и в этих случаях использование усовершенствованных математических методов не служит достижению цели. Однако для более сложных проблем, требующих решения, инструмент, позволяющий выразить отношения, может становиться более сложным. Сложный математический инструмент (множественная регрессия, матричная алгебра, линейное программирование) использует те же самые арифметические процессы, что и простой. Однако за некоторым пределом сложности математическую обработку лучше вести на машинах, чем выполнять вручную.

В этом случае выступает еще одна особенность количественных проблем: возможность представлять численное выражение в форме, пригодной для машинного считывания. Любая идея может быть приписана любому символу или величине. Однако именно количественные проблемы наиболее легко вводятся в обрабатывающие данные вычислительные машины, которые обеспечивают решение необходимыми вычислениями.

Большинство вычислительных машин может легко использоваться опытным специалистом по анализу систем. Заметьте, что роль людей изменяется, когда применяются вычислительные средства. Вместо проведения отдельного исследования или проверки математического выражения специалист выполняет функцию объединения и планирования. В случае использования электрической суммирующей машины самая сложная задача оператора — найти нужную кнопку или провести вычисление суммы дважды, чтобы быть уверенным в отсутствии ошибки. Однако на другом конце спектра машин находятся электронные вычислительные машины. Такие машины требуют априорного планирования каждой операции в полностью определенной машинной программе, которая может состоять из тысяч операций. Каждая операция может иметь математическое выражение или определять связь, делающую возможной автоматическую машинную обработку.

Количественные проблемы отличаются также их **однозначностью**. Уравнение кривой или построение, выполненное с помощью, геометрических аксиом и тригонометрических правил, имеет уникальное качество. Оно

⁷¹ В оригинале: *technique*; это слово переведено как «методология», так как даваемое здесь автором определение по существу совпадает с определением, даваемым в разделе «Метод и методология» (*прим. перев.*).

⁷² В оригинале: *reliability* (*прим. перев.*).

⁷³ ² «Доверительный интервал» и «вероятность осуществления решения» — понятия статистики. См., например: Чернов Г., Мозес Л. Элементарная теория статистических решений. Изд-во «Советское радио», 1962 (*прим. перев.*).

⁷⁴ В оригинале: *assurasy* (*прим. перев.*).

состоит в том, что неопределенность и общность идут рука об руку. Числа являются конкретными; смысл свободно используемых слов является расплывчатым.

Гибкость также может быть названа характеристикой количественных проблем. Манипулируя числами, специалист может находить интересующее его неизвестное или же новые отношения между комплексами переменных. Он может легко менять свою процедуру и получать новые результаты без изменения (или с изменением, если требуется) любой части реальности, отраженной в его уравнениях. Он может формировать причудливые максимумы и минимумы, чтобы демонстрировать податливый и гибкий характер чисел. Некоторые философы науки указывают на необходимость выражения принятых отношений новыми способами. Числа сами по себе служат специалисту по анализу систем или математику в той степени, в какой их гибкость и управляемость обеспечивают увеличение глубины анализа.

Следующая характеристика чисел может быть названа **согласованностью**. Под согласованностью понимается ряд качеств: сравнимость, соединимость, однородность, отсутствие противоречий. Согласованность влечет за собой сравнимость. Например, та же самая система может действовать дважды одним и тем же образом. Если эксперимент является согласованным, операции и результаты операций совпадают. Согласованность получается благодаря однородности содержания, процедур и программ. Существом, однородности является отсутствие вариаций и внутренняя тождественность условий. Согласованность поконит с отсутствием противоречий. **Противоречие** возникает из наблюдаемой или ненаблюдаемой логической несовместимости, которая приводит процедуры в конфликт с реальностью.

Неверно, что специалист не ошибается, если он использует числа. Точно так же неверно, что использование математики само по себе гарантирует выполнение всех предыдущих условий. Несомненно, одна из двух целей эксперимента состоит в том, чтобы продемонстрировать ложность выводов или внести ясность в понимание недопустимости курса действий. Другая цель состоит в том, чтобы адекватно представить явление реального мира и объяснить его поведение в однозначных терминах. Для достижения этой последней цели используется основное свойство чисел — их способность представлять условия, события, отношения или системы в объективной и легко манипулируемой форме.

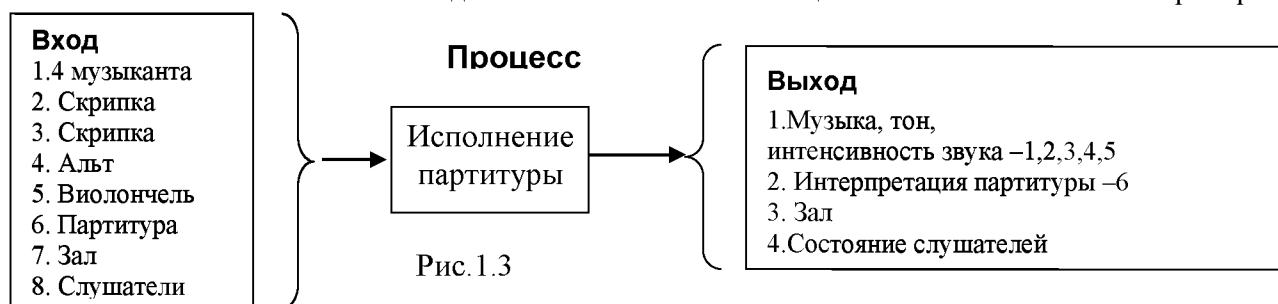
Количественно-качественные проблемы

Специалист по анализу систем должен отличать объективное представление явления посредством измерения или наблюдения процесса его протекания от реального результата процесса. **Процесс** определяется как явление, состоящее в непрерывном изменении с течением времени. Представление результатов процесса в символах или числах имеет порядок, отличный от порядка фактического результата, который находится с помощью суждений, интуиции и человеческих решений. Порядок определяется как классификационная категория, служащая для того, чтобы отличать результаты различного рода.

В тех случаях, когда человек выполняет функции процессора⁷⁵, его роль, так же как и роль вычислительных машин, состоит в том, чтобы принять вход и произвести выход⁷⁶. Во всех этих случаях человек как процессор определяется своими физиологическими параметрами и психологическими склонностями. На действия человека в качестве процессора влияют также его подготовленность и его механизмы адаптации к работе. Вход поступает в человеческий процессор в сложной окружающей обстановке.

Человеческий процессор неизменно открыт для множества входов. Во-первых, он принимает те входы, которые сознательно генерируются. Для его восприятия. Во-вторых, есть также и такие входы, которые он воспринимает, хотя они направлены другим лицам и не производятся единственно для пользы данного индивидуума. В-третьих, существуют также входы, воспринимаемые смутно, которые не всегда могут быть ассоциированы с конкретной системой или явлением. Хотя последняя категория входов приходит с периферии, она может иметь существенное значение. Есть также и четвертая категория, входы которой являются смешанными или множественными; в этом случае входы могут быть излишними или противоречивыми.

Множественные или смешанные входы можно пояснить с помощью аналогии с небольшим оркестром.



Камерная музыка может рассматриваться как звуковая или шумовая система. Но никакая математика не может описать ни обертоны музыки, ни ее эмоциональное воздействие. Камерный оркестр, организованный, как система, может поясняться схемой рис. 1.3. У слушателей объединяются, по крайней мере, три категории входов: во-первых, оркестранты с их инструментами, как солисты, так и аккомпаниаторы; во-вторых, партитура, ее меняющийся темп и скромная роль одного из музыкантов группы, руководящего исполнением; в-третьих, зал, который создает

⁷⁵ Процессор воздействует на вход, преобразуя его в выход. Процессор во всех случаях является преобразователем время - пространственного распределения энергии. Универсальным входом процессора является энергия (прим. перев.).

⁷⁶ Здесь и далее имеются в виду вход и выход человека как системы, а не как процессора (прим. перев.).

единственные в своем роде, неповторимые условия, такие как акустика и физическое расположение системы (расположение зала, расположение этажа и положение слушателей по отношению к исполнителям).

В этой модели музыкального исполнения слушатель лишь воспринимает. Он не призван выполнять какую-либо конкретную функцию, он просто включен в процесс слушания. Восприимчивость слушателей является функцией их музыкального образования, состояния ума и свободы выбора вида удовольствия. Отдельный слушатель может услышать больше или меньше в зависимости от степени его восприимчивости. Одним из выходов этого процесса является состояние слушателей.

В условиях делового мира также действует большое количество равно сложных, менее хорошо организованных множественных входных воздействий. Они составляют смешанный, неясный и неизмеримый задний план (мораль, дух коллектива, кооперирование и т. д.). Множественные входные воздействия могут быть важным деловым процессом с их собственным набором уникальных, еще подлежащих, идентификации ценностей.

В деловом мире существует большое число входов. Они имеют преходящие состояния и отношения. Обстановке, в которой воспринимаются входы или выходы, не придана структура, позволяющая реагировать на всякий и каждый элемент данных. На каждом уровне организации существует относительно немного конкретных лиц, воспринимающих смешанные или обобщенные выходы. Интерпретировать причины возникновения хаотических выходов организации трудно. Смешанные проблемы могут иметь как количественные, так и качественные аспекты.

Некоторые из наиболее трудных проблем как раз те, которые связывают организацию (целостность) с окружающими ее условиями⁷⁷. При определении политики относительно продукции или рынка, при диверсификации и приобретении, при размещении ресурсов, при планировании исследований и разработок значение математических методов невелико. Эти проблемы вообще относятся к компетенции самого верхнего уровня руководства. При их решении приходится иметь дело со стратегическими оценками деятельности конкурентов. Их затрагивают события и переменные, лежащие вне фирмы. В то же время они вообще прямо влияют на дела фирмы.

В дополнение к проблемам, стоящим перед высшим уровнем руководства, существует множество решений ответственных исполнителей, принимаемых вне и внутри организации. Многие из этих решений могут быть найдены без использования возможностей количественного анализа или с использованием такого анализа как вспомогательного средства. Качественные проблемы существуют в каждом отделе любой компании; они разрешаются с помощью суждений. **Суждение** определяется как выполняемая человеком операция, включающая сравнение и различение. Суждение является средством, с помощью которого формулируется знание, оценки и отношения.

Метод и методология

Важно понимать различие между методологией и методом. **Методология** является логически и процедурно организованной последовательностью операций. Если эти операции описываются на формальном языке и используются для решения задач, они могут образовать научную основу метода какой-либо дисциплины⁷⁸. Например, форма эллиптического уравнения Кеплера образует методологию. Формализм и процедуры хорошо сконструированного эксперимента или имитационная (т. е. машинная — *прим, перев.*) модель орбиты спутника образуют методологию. Любая крепко сколоченная, логичная, воспроизводимая структура процедур, возможные последовательности операций в которой тщательно определены, а правила выбора не являются неизвестными, может квалифицироваться как методология. Для методологии характерны однозначность и последовательность процедур.

Многие качественные проблемы решаются с помощью, эвристического метода. **Метод** (в том числе эвристический) основывается на независимом исследовании. Стимулом для исследования является личный опыт или знакомство с областью проблемы. Эвристический метод дает возможность объединить разнообразный общий опыт для его совместного использования; он покоится в значительной степени на общепринятом смысле и позволяет специалисту ознакомиться с проблемой, подлежащей решению. Специалист, пользующийся эвристическим методом, может воздерживаться от точного определения проблемы до начала исследований. В конце концов он может (или не может) представить заключение как наиболее предпочтительное решение. **Заключение** по своему характеру не является полностью решением проблемы и может не квалифицироваться как решение. **Решение** определяется как средство заполнения промежутка между существующей и предлагаемой ситуацией. **Заключение** определяется как вывод, полученный из двух и более предложений, которые взяты в качестве предпосылок. Решение должно быть убедительным и демонстрируемым.

Эвристический метод «неплох». История его применения восходит к математикам древней Греции. Однако он может быть неполным, неубедительным или туманным в содержании процесса получения результата или в самом результате. Руководитель может оправдывать свое решение или решения других косвенными ссылками на интуицию того, кто решает проблему. Интерпретация «интуиции» в этом контексте нелегка. Но тот, кто использует этот термин, возможно, вкладывает в него:

- 1) предположение, что он может положиться на суждение отдельного лица как на высшее;

⁷⁷ Основная операция при решении такого сорта проблем — выделение (идентификация) системы. Эта операция является существенно неколичественной и заключается в определении связей элементов (т. е. структуры) и их свойств. Количественные оценки могут быть произведены только после определения свойств. Ошибки при выделении системы (давно известные в логике) могут быть двух типов: объединение необъединимого (*compositio*) и разделение неразделимого (*divisio*). См. статью Ст. Вира «Мифология систем под сводом сумерек» в сб. «Кибернетика и управление производством». Изд-во «Наука», 1965, стр. 296 и далее (прим. перев.).

⁷⁸ Если явление сложно и не поддается непосредственному восприятию, интуитивному объяснению ч эмпирическому -использованию, в дело пускается аппарат формального представления явления. Такой аппарат представляет собой большего или меньшего масштаба логический механизм (модель), построенный на основе формального языка и позволяющий в необходимой степени воспроизводить изучаемое явление. Процесс создания такого аппарата называется формализацией, а сам аппарат иногда называют формализмом. Формальный язык—язык с точными правилами образования, преобразования (вывода, вычисления) и интерпретации его выражений. Применение формальных представлений явлений — мощное средство познания. Недаром один из основоположников современной логики Г. Фреге сравнивал формальные языки с телескопом или микроскопом (прим. перев.).

- 2) предположение о том, что он может исключить необходимость в методологии и структуре для получения решения;
- 3) готовность рисковать, основанная на предшествующих случаях, когда аналогичные суждения приводили к успеху;
- 4) уверенность, что проблемы, подобные данной, в каждом случае различны;
- 5) убеждение, что определенные проблемы могут разрешаться отдельно от других проблем и что они не существуют в рамках других проблем или на путях их решения;
- 6) предположение, что использование абстракции для него не является необходимым⁷⁹.

В эвристическом методе не требуется ни формального определения проблемы, ни абстракции. Не является необходимым иметь алгоритм или набор уравнений, которые строго связывают части проблемы. Вообще, эвристический метод не дает возможности ясно показать, каким образом было получено заключение. Наконец, в эвристическом методе редко есть полученные *априори* или *апостериори* решения по отношению к компонентам проблемы. Для этого метода также характерно еще одно качество: мало надежды связать процесс получения заключения с индивидуальной интуицией. Повторение этого процесса невозможно как данным лицом, так и другими. Отличительным признаком количественного процесса является возможность его проверки и перепроверки кем угодно и где угодно.

Слабоструктуризованные проблемы⁸⁰

Методу, в противоположность методологии, приписываются характеристики, которые обозначаются терминами «слабоструктуризованный» или «не вполне структуризованный». Необходимо, хотя бы только частично понять тот интуитивный качественный процесс, который использует ответственный руководитель. Точно так же желательно хотя бы отчасти изучить ту окружающую обстановку, которая делает этот тип слабоструктуризованного процесса нахождения решения возможным или, быть может, необходимым.

Одна из задач, возникающих при использовании методологии для решения проблемы, состоит в том, чтобы выделить полезные, ценные элементы эвристического процесса и применить их совместно с методологией. Другая задача состоит в отыскании подходящих способов определения наличия высокого риска и потенциально низкого дохода, заключенных в возможном курсе действий. Конечно, изобретения или творческие предложения, которые могут появиться в результате эвристического решения проблемы, не должны быть оставлены в стороне. Короче, задача состоит в том, чтобы внести структуру в слабоструктуризованный процесс.

У слабоструктуризованной проблемы есть также и другая важная особенность: ее единственное решение — строится на основе оценочных систем различного порядка. С помощью одной такой системы оценивается время, с помощью второй — стоимость, с помощью третьей — эффективность. В каждой из этих трех систем могут быть элементы как поддающиеся, так и не поддающиеся количественному выражению. В любую из этих систем может входить оборудование, процессы, люди, устройства и другие категории, каждая из которых представлена с различной степенью полноты.

Чтобы внести структуру в неполностью структуризованную проблему, необходимо выполнить по крайней мере следующие основные требования:

1. Процесс решения проблемы должен быть изображен с помощью диаграмм потока (последовательности или структуры, процессов — *прим. перев.*) с указанием точек принципиальных решений.
2. Этапы процесса нахождения принципиальных решений должны быть описаны детально.
3. Основные альтернативы и способы их получения должны быть демонстрируемыми.
4. Предположения, сделанные для каждой альтернативы, должны быть определены.
5. Критерий, с помощью которого выносится суждение о каждой альтернативе, должен быть полностью определен.
6. Детальное представление данных, взаимоотношений между данными и процедур, с помощью которых данные были оценены, должно являться частью любого решения.
7. Важнейшие альтернативные решения и доводы, необходимые для объяснения причин исключения отклоненных решений, должны быть показаны.

Эти требования не равны по важности, точности выражения или степени полноты и объективности. Каждое требование имеет самостоятельную ценность.

Форма, в которой выполняются перечисленные требования, может усложнить слабоструктуризованную проблему. Возможно, письменное изложение проблемы и ее решения приводят к более дисциплинированному употреблению слов. Документирование процесса исследования и составление отчетов о его результатах, иногда оказывают благотворное влияние, усиливая структуру в проблеме. Но не все решения имеют письменную форму, и, возможно, только относительно немногие из всеобъемлющих деловых решений формально документированы. Типичные недостатки письменного материала — многословие, семантическое использование слов⁸¹, рыхлая структура предложений и неполнота представления.

Дополнительное рассмотрение может быть основано на оценке проведенной работы. Другие вопросы относятся к содержанию: аккуратно ли выполнена работа? равномерно ли представляет проблему документ или же есть области

⁷⁹ Изложение современного состояния вопроса об интуиции (правда в науке, а не в руководстве) можно найти в небольшой, но весьма содержательной книге Буйге Б. «Интуиция и наука». Изд-во «Прогресс», 1967 (прим. перев.).

⁸⁰ Слабоструктуризованная проблема — это такая проблема, состав элементов которой и их связи известны только частично. Возможны различные ситуации, порождающие слабоструктуризованные проблемы. Например, если некоторые новые возможности уже сложились, но еще не осознаны, неизбежно возникает ряд слабоструктуризованных проблем (прим. перев.).

⁸¹ Т. е. такое использование слов, когда их значение и смысл строго не определяются и когда полагаются на гуманное «общепринятое» значение слога (прим. перев.).

проблемы, которые выпали из поля зрения? где в отчете сказалось влияние специалиста? где в отчете возникли искажения из-за влияния тех, кто информировал специалиста? имел ли специалист достаточно времени и хорошо ли он продумал проблему?

Трудности с данными

Ссылки на написанные работы часто не содержат чисел. Однако обычно и ссылки, лишенные чисел, и числа все равно встречаются в тех или иных комбинациях в слабоструктуризованных проблемах. Числа и нечисловые сообщения являются данными, а данные являются результатами. Данные, таким образом, не само явление, но возникают в связи с ним. Чтобы объяснить явление, одни данные должны быть связаны с другими данными с помощью чисел. Это должно быть сделано логическим, осмысленным способом обычно с помощью карт, таблиц или уравнений.

При использовании данных как фактических свидетельств явления или результата явления могут возникать серьезные ошибки. Источник этих ошибок кроется в неправильном истолковании данных. Например, метеоролог может сказать, что в определенном районе выпадает дождь с интенсивностью 2 дюйма в час. Означает ли это утверждение одно и то же для его автора, для которого оно звучит как очевидность, и для читателя? Вот некоторые нелогичные выводы из данных, сообщенных метеорологом:

1. Дождь идет каждый час и каждый час выпадает 2 дюйма дождя.
2. Выпадение дождя в течение часа неизменно, причем дождь в этом районе идет все время.
3. Выпадение дождя во всем районе равномерно.. Автор не привел в своем сообщении следующие относящиеся

к делу сведения:

1. Данные часового выпадения дождя могут означать или среднее, или максимальное значение, причем разница между этими двумя величинами может быть существенной.

2. Данные о часовом выпадении дождя не содержат указания на число лет, в течение которых сделано это наблюдение, и которое позволило бы установить статистическую вероятность оценки.

3. Чтобы можно было понять смысл данных как меры, должно быть указано, относятся ли данные о выпадении дождя к месяцу; сезону или полному году; иногда данные о часовом выпадении дождя отражают результаты наблюдения осадков за 24-часовой период.

4. Данные о выпадении дождя могут объединять наблюдения большого числа станций по сбору данных внутри и вокруг определенной области. Таким образом, числа, по этой области могут быть взвешенными средними, полученными из максимальных или средних значений наблюдений, или это может быть простое среднее этих наблюдений. Таким образом, «2 дюйма дождя в час» ничего не говорят о том, каким был дождь в течение каждого часа, какова продолжительность непогоды или равномерность дождя в данном районе. Часовое выпадение дождя является существенно вероятностной оценкой, к которой может быть применен статистический подход. В этом примере метеоролог сообщением данных, которых он не понимает, вовлек себя и потребителя его данных в плохую структуризованную проблему. Может случиться, что потребитель данных окажется заключенным в проблеме, как в ловушке, из-за заблуждений автора при квалификации данных. Типичной ловушкой является оставшееся скрытым предположение, лежащее в основе решения.

Определенные проблемы могут возникнуть также из-за неправильного понимания отношений данных. Могут получаться ошибки в масштабе из-за преувеличения влияния качества одного параметра на другой. Проблемы возникают также при отборе данных для описания явления. Например, тяга авиационного двигателя может быть показана как функция веса самолета. Из этой диаграммы специалист может заключить, что способ описания энергии, необходимой для полета самолета, заключается в том, чтобы связать тягу двигателя с весом самолета. Если специалист хотел описать предсказуемую корреляцию веса и тяги, возможно лучше было бы выбрать не вес самолета, а вес двигателя. Противоположной задачей могло стать понимание отношения тяги и скорости. Для этой задачи, может быть, было бы более желательным показывать отношение тяги к весу самолета для различных значений скорости в морских милях в час. Заметьте, что вес самолета выражается в фунтах, тяга — в фунтах и что скорость может быть выражена в футах в секунду, морских милях в час или милях в час. Использование «фунта» или «скорости» должно быть полностью определено, в противном случае неосведомленный читатель должен будет сделать предположение о единицах измерения величин.

Прежде всего специалист по анализу систем при анализе проблемы должен проверить понятность данных и их отношений. Вторая проверка должна проводиться, когда специалист использует данные для анализа проблемы. Третья проверка проводится тогда, когда он выводит заключение из данных и их отношений. Четвертая проверка выполняется, когда данные представлены формально как объяснение проблемы или как ее решение. Конечная, пятая, проверка является проверкой последовательности и убедительности объяснения. Она, в свою очередь, покоится на способности: 1) продемонстрировать исход последовательности событий, 2) предсказать исход, который нельзя продемонстрировать, но который фактически получается.

Другое возможное заблуждение при выборе и представлении данных связано со структурой проблемы. Должно быть показано, каким образом используются данные при решении проблемы: данные объясняют явление или, напротив, явление объясняет данные? Точно так же: объясняют ли написанные слова отчета данные или же относительно данных предполагается, что они объясняют слова? Обратимся снова к эксперименту Кеплера. Его проблема состояла в том, чтобы найти такую форму орбиты Марса, которая давала бы наилучшее объяснение данным, наблюдавшимся Браге. Предположение, сделанное Кеплером, было основано на проверке точности данных Браге и состояло в том, что данные правильно отражают реальное явление. Если бы Кеплер догматически подошел к проблеме, он мог бы объяснить предполагаемую им орбиту через данные. Вообще, сущность данных состоит в том, что они объясняют явление. Упоминания о «сырых» данных обычно относятся к незарегистрированным наборам

величин, полученным из процесса. Следовательно, специалист может нуждаться в анализе «сырых» данных и их синтезе в осмысленную структуру, объясняющую процесс.

Инженер-хронометрист с его изучением трудового процесса является хорошим примером специалиста, который структуризует «сырые» данные. Разбив с помощью наблюдения изучаемую им трудовую операцию на ее элементы, он запускает свой хронометр в момент начала цикла операции. Он отмечает на диаграмме момент завершения каждого элемента цикла. Он может наблюдать небольшое число циклов, два или три, или же сотни циклов операций. Его цель состоит в получении полного осмысленного набора «сырых» данных, в который входят следующие данные.

1. Описания элементов, которые с помощью слов указывают, что делает рабочий на станке на протяжении цикла. В цикле может быть два или три или несколько сотен таких «элементов». Число элементов зависит от детальности изучения, продолжительности элемента и сложности, присущей задаче рабочего.

2. Время окончания каждого элемента цикла, которое показывает численно, сколько секунд или сотен минут прошло от момента начала элемента. Вообще, чем больше число элементов и чем короче элемент, тем больше моментов окончания будет получено. Определение оценок для элементов, имеющих наименьшую продолжительность, имеет тенденцию делать изучение «яснее» и точнее; мероприятия, необходимые для исключения излишних элементов, выясняются по мере того, как описание процесса становится более подробным.

После сбора «сырых» данных необходимо, прежде всего, так расположить наблюдаемые элементы, чтобы они равномерно покрывали весь цикл работы. Инженер-хронометрист должен учесть все моменты времени между началом и концом изучаемого им процесса. Он должен отметить такие периоды времени, которые ничего не вносят в работу при прохождении процесса. Затем он должен подобрать времена по циклам для получения единственной оценки для каждого элемента в каждом наблюдаемом цикле. Эти времена элементов затем готовятся для статистического анализа. Например, инженер-хронометрист мог заметить, что продолжительности некоторых элементов варьируют в пределах $\pm 2\%$. Распределение частот других элементов может быть нормальным, а у третьих может оказаться расплывчатое распределение без заметной моды. Проведя статистический анализ, инженер-хронометрист сможет удовлетворить условию, чтобы все величины были распределены в пределах $\pm 10\%$. Это приводит его к выводу, что:

1. Он должен заново изучить элементы цикла, чтобы точнее различать конец одной операции и начало следующей. Для этого он должен более точно определить моменты завершения элементов.

2. Он должен произвести разбиение элементов точнее или грубее, чтобы исключить случайные переменные, искажающие части цикла.

3. Он должен сделать больше наблюдений, чтобы удовлетворить требованиям статистического метода.

4. Он должен произвести проверку большего числа рабочих, чтобы определить обобщенный временной стандарт. Он может также выбрать для наблюдения процесс обработки идентичной детали на другом станке; станок, на котором велись первоначальные исследования, может быть признан им неподходящим.

5. Он не должен стремиться, как к цели, установить временной стандарт для данной детали. Он может избрать как основное направление дальнейшей работы вывод уравнений и кривых, которые представляют основные операции. Это может потребовать многих сотен или тысяч наблюдений циклов, чтобы определить необходимые отсчеты и оценки для операций. Инженер может пытаться, например, получить величины, которые будут показывать возможности рабочего или станка выполнять операцию сверления (штамповки, фрезерования и т. д.) отверстия данного размера в данном материале.

6. Он должен изучить влияние изменения материала, так как не может быть установлен один и тот же норматив времени, например, для стали и алюминия.

7. Он должен изменять величину подачи, скорости или глубины резания, поскольку операция, которую он анализирует, была слишком быстрой (слишком медленной) для материала или оборудования. В классической дилемме об установлении осмысленного норматива времени на работу задача инженера состоит в том, чтобы установить такой норматив (данные), который отражает работу (явление). Такой норматив времени становится предсказанием данной работы и представляет собой измеритель потребного для нее времени и затрат труда. Пункты 1—7 выделяют важные области проблемы, в каждой из которых могут быть собраны сырые данные с различной степенью полноты, точности и достоверности. Точно такие же проблемы существуют в большинстве хорошо структуризованных областей делового мира. Решение большинства проблем найти легче, если сырые данные, подлежащие анализу, полностью понимаются и квалифицируются.

Подобно этому устная речь, представляющая собой важнейший канал связи, может служить как определенный вид «сырого» входа. В этой роли она является полезным инструментом руководителей. Даже формальный обмен письмами, сопровождаемый ясными, тщательно подготовленными, имеющими письменные разъяснения графическими материалами, вызывает много затруднений в связи. Оказывается, что успех в решении проблемы обратно пропорционален формалистичности, с которой проблема анализируется и представляется. Однако устная связь, образующая жизненно важную часть человеческих коммуникаций, не может быть заменена, несмотря на ее недостатки⁸². При решении проблемы специалист по анализу системы должен быть «прикован» к ее числам и их отношениям. Иным способом невозможно охватить значение данных или явления.

82 Сравни тезис (стр. 49) о том, что «на успех применения системного анализа влияет способность экспериментатора представить реальный мир проблемы в символической форме», т. е. формально, но не формалистично (прим. перев.).

Сущность систем

Что такое система!

Общее определение системы состоит в том, что система есть идущий процесс. Таким образом, любая вещь в движении, процессе или состоянии изменения могла бы быть определена как система. Это определение не является неправильным, но оно существенно неполно. Существуют примеры систем (системы телефонной и радиосвязи и т. п.), которые не могут быть подведены под вышеприведенное определение, поскольку в них нет «движения» в обычном смысле. Более полное и содержательное общее определение описывает систему как **набор объектов, имеющих данные свойства, и набор связей между объектами и их свойствами**⁸³.

Объекты есть параметры системы; параметрами являются вход, процесс, выход, управление с помощью обратной связи и ограничение. Состояние системы описывается множеством величин по каждому системному объекту.

Свойства есть качества параметров объектов. **Качества** — это внешние проявления того способа (т. е. процесса — *прим. перев.*), с помощью которого получается знание об объекте, ведется за ним наблюдение или которым объект вводится в процесс⁸⁴. Свойства дают возможность описывать объекты системы количественно, выражая их в единицах, имеющих определенную размерность. Свойства объектов системы могут изменяться в результате ее действия.

Связи есть то, что соединяет объекты и свойства в системном процессе⁸⁵. Постулируется, что связи существуют между всеми системными элементами, между системами и подсистемами и между двумя и более подсистемами. Связями первого порядка называются связи, функционально необходимые друг другу. Примером связей первого порядка является симбиоз — необходимая связь различных организмов, например: растение и паразит. Связи называются связями второго порядка, если они являются дополнительными. Если такие связи присутствуют, то они в значительной степени улучшают действие системы, но они не являются функционально необходимыми. Синергия есть проявление связей второго порядка. Синергическими связями являются те, которые при кооперативных действиях независимых организаций обеспечивают увеличение их общего эффекта до величины большей, чем сумма эффектов этих же независимо действующих организаций. Связи могут определяться как связи третьего порядка, если они являются излишними или противоречивыми. **Избыточность** описывает такое состояние системы, когда она содержит ненужные объекты. **Противоречие** существует тогда, когда система содержит два объекта, таких, что, если один истинен, другой ложен по определению.

Чтобы описать набор объектов, свойств и связей, постулируется система, условие, ситуация или состояние. **Постулируемыми предложениями** являются такие, которые устанавливаются наперед, гипотетически, как пробные. подлежащие опытной проверке утверждения.

Приведенное определение может служить основой для постулирования недостатков системы. Чтобы охватить определением разнообразные формы недостатков системы, **неправильное функционирование** определяется как такое изменение в связях первого, второго- или третьего порядка объектов и свойств, при котором система переходит через спую критическую точку. При прохождении критической точки происходит изменение одного или более объектов системы и при этом устанавливаются новые связи и соответственно новые выходы. **Критическое** изменение системного объекта есть такое, при котором его качество пересекает порог и принимает конечное значение другого порядка. Критические уровни образуются при таких вариациях в качествах (системных объектов), при которых они выходят за диапазон, предусмотренный для них при конструировании системы. Понятие «неправильное функционирование системы» постулируется для того, чтобы описывать одним термином все разнообразие недостатков системы, возникающих тогда, когда требуют, чтобы система действовала вне пределов, установленных при конструировании.

Термин **процесс**, применяемый также в определении текущего состояния системы, определяется как дающая данный результат общность входящих во все объекты, свойства и связи компонентов системы. Процессы могут быть умственными (мышление, планирование, обучение), умственно-моторными (проверка, писание, построение) или механическими (действия, функционирование). Процессы проводятся в людях или машинах или проходят при их объединенных действиях. Системы могут быть идентифицированы с помощью их процессоров или процессов. При принятых здесь определениях не может быть систем, о которых можно было бы сказать, что они существуют без процесса.

Физические и абстрактные системы

Системы могут быть классифицированы определением сходства и различия между ними. Физические системы состоят из изделий, оборудования, машин и, вообще, из естественных или искусственных объектов. Этим системам могут быть противопоставлены абстрактные системы. В последних свойства объектов, которые могут существовать только в уме исследователя, представляют символы. Идеи, планы, гипотезы и понятия, находящиеся в процессе исследования, могут быть описаны как абстрактные системы.

⁸³ Такое определение описывает систему как нечто, состоящее из связанных частей. Это определение, будучи общим, не позволяет выделить совокупности системных элементов, необходимых для решения задачи. Следует иметь в виду определение системы, приведенное во введении: «система есть средство, с помощью которого выполняется процесс решения проблемы». Система как относительно обособленная целостность также не идентифицируется этим определением (*прим. перев.*).

⁸⁴ Качества системных объектов существуют объективно. Определение, возможно, недостаточно точно, либо же оно свидетельствует об операционалистской позиции автора. Определения через процесс (т. е. через систему), к которым стремится автор, могут быть даны в объективных терминах. Понятиям «качества» и «свойства» даются также и другие определения, см., например: Уемов А. И. Вещи, свойства, отношения. Изд-во АН СССР, 1963 (*прим. перев.*).

⁸⁵ Это значит, что связи определяют следование процессов. Таким образом, связи здесь выступают как порядок (*прим. перев.*).

Как в физических, так и в абстрактных системах, процесс существует на многих уровнях. Составляющие процесс компоненты, необходимые для действия системы в целом, известны как **подсистемы**. В свою очередь, подсистемы могут состоять из еще более детальных подсистем. Иерархия и число подсистем зависят только от внутренней сложности системы в целом. Таким образом, возможно, что некоторые системы могут содержать бесконечное разнообразие процессов. Соответственно другие системы содержат конечное, ограниченное число процессов. Для каждого отождествимого процесса специалист по анализу системы может выделить систему. Системы могут действовать одновременно, т. е. параллельно или последовательно без каких-либо ограничений, помимо тех, которые были обусловлены при конструировании или существуют в реальном мире.

О каждой системе можно сказать, что она существует в конкретной окружающей среде. Системы существуют в определенной окружающей среде и обуславливаются ею. Первое условие окружающей среды есть граница, относительно которой говорят, что система действует внутри нее. Окружающая среда определяется как набор заключенных внутри конкретных пределов объектов, которые, как предполагается, влияют на действие системы.

Специалист по анализу систем не может проводить неограниченные исследования, необходимые для того, чтобы понять все условия, влияющие на действие системы. Понятие границы предписывает предел, внутри которого объекты, свойства и их связи можно адекватно объяснить и обеспечить управление ими. Системы и их границы могут быть определены просто, если их объекты по своей природе являются абсолютными или конечными.

Наиболее подходящим способом описания физических систем может быть описание в терминах количественных характеристик. Однако абстрактные системы не могут быть также легко определены в конечных терминах. Все системы действуют в рамках данной окружающей среды и данной границы.

Изучение систем может вестись в одном из двух направлений: либо в направлении анализа процесса, либо в направлении анализа конечного исхода процесса. При анализе процесса система может изучаться как определенное количество связанных между собой подсистем. Это детальное, микроскопическое рассмотрение мира системы и представляет собой анализ процесса. При проведении такого анализа специалист определяет промежуточные выходы системы. Затем он исследует средства, с помощью которых они могут быть переведены в последовательно связанную совокупность процессов, пригодную для последующей обработки. При анализе процесса бывает много альтернатив или выборов, которые могут квалифицироваться как промежуточные решения. Анализ процесса часто ассоциируется с проблемами реального мира и физическими системами.

Наряду с анализом процесса существует анализ конечного исхода, обеспечивающий макроскопическое рассмотрение системы. При использовании такого метода система рассматривается как целое. Специалист по анализу системы в этом случае больше внимания уделяет завершающим, конечным, а не промежуточным результатам. При анализе, ориентированном на конечный исход, нет определенного знания всех промежуточных выходов. Таким образом, в этом случае может и не быть средств, которые бы позволили установить основу для объединения всех процессов в действие целой системы.

Цель исследователя состоит в создании модели изучаемой им системы независимо от того, является ли она физической или абстрактной. Он стремится понять систему как процесс с данными объектами, свойствами и связями, комбинирующимися в действие системы⁸⁶. Модель может быть математической, если исследователь может выделить в проблеме количественные свойства. Если проблема по своей природе является и количественной, и качественной, модель может быть менее строгой и не более сложной, чем схема обработки данных. Создатель модели старается воспроизвести в миниатюрной, контролируемой форме действие изучаемой системы в реальном мире.

Если модель является точным слепком или представлением реального мира, она может быть названа моделью специального назначения. Модели специального назначения могут быть использованы для решения большинства проблем, причем ожидаемая степень успеха решения может быть вычислена. Модели общего назначения аппроксимируют реальный мир с меньшей степенью субъективности и самостоятельности содержания, чем модели специального назначения. Отсюда следует, что решения, полученные с помощью модели общего назначения, являются общими по своей природе; точно так же решения, полученные из модели специального назначения, являются специальными по своей природе. Ни одно из решений противоположной категории не может быть применено без тщательного изучения предпосылок применения.

Системы могут быть централизованными или децентрализованными. В централизованных системах один элемент или одна важная подсистема играет доминирующую роль; ее значение может превосходить значение других компонентов системы. При таком построении эта важнейшая подсистема является центральной для действия системы. Младшие подсистемы являются подчиненными действию центральной. В децентрализованной системе справедливо обратное утверждение: важнейшие подсистемы имеют приблизительно одинаковую ценность. В этом случае они построены не вокруг центральной подсистемы, как спутники, а соединены последовательно. Или же подсистемы могут быть построены параллельно, причем каждая из них обеспечивает единственный, но изоморфный (имеющий внешнее сходство) выход. Как в централизованных, так и в децентрализованных системах могут быть определены входы и выходы. В принципе оба типа системы могут встречаться и среди физических, и среди абстрактных систем.

Естественные системы и системы, сделанные человеком

Второе важнейшее разделение систем может быть произведено по признаку их происхождения. Естественные системы определяются как такие, которые возникают в естественных процессах. Климат и почва являются типичными естественными системами. Системы, сделанные человеком, — это те естественные системы, процесс которых изменен человеком с помощью изменения его объектов, свойств и связей. Естественные и сделанные человеком системы могут быть физическими или абстрактными.

⁸⁶ Иными словами, идентифицировать (выделить) систему в соответствии с ее определением (прим. перев.).

Количественное описание естественных процессов может быть сделано с помощью физических систем (т. е. с помощью экспериментальных установок — *прим. перев.*), присоединяемых к процессам для ограничения событий. Естественные системы — макроскопические, они не представляют предмета, изучение которого помогло бы облегчить руководство. Естественные системы могут быть неизменными в течение длительного периода времени, так как они имеют тенденцию действовать в ограниченных, хотя и достаточно широких пределах. Некоторые естественные системы называются **адаптивными**. Это такие системы, в которых происходит постоянное приспособление к порождающей новые входы окружающей среде. Фронт погоды — пример адаптивной системы.

Открытые системы типичны для категории естественных систем⁸⁷. Открытые системы обмениваются с окружающей средой веществом или энергией регулярным и понятным образом. Деловая деятельность в основном проходит в обстановке открытой системы. Противоположностью открытым системам являются **закрытые** системы, которые действуют с относительно небольшим обменом энергией или веществом с окружающей средой. Лучший пример частично закрытой системы в деловом мире — монополия, процессы и продукты которой защищены патентами и другими средствами. Отсутствие конкуренции может позволить монополии действовать менее открытым образом.

Сделанные человеком системы имеют почти такие же характеристики. Системы, сделанные человеком, могут воспроизводить в контролируемой окружающей среде такие естественные условия, которые не поддаются контролю в реальном мире. Военные организации и правительство также являются открытыми системами. Эти системы широко взаимодействуют со своим окружением, в данном случае с обществом, с законами о земле и с частным предпринимательством. Сделанные человеком системы являются закрытыми, если они построены для неменяющегося входа и статистически предсказуемого выхода. Такие системы характеризуются также как полностью структуризованные. В закрытых системах объекты и связи комбинируются таким способом, который не обнаруживается в естественных системах. Полностью структуризованные, с неизменным выходом системы существуют в лабораторных условиях или при таких обстоятельствах, когда роль физических объектов предопределяет действие системы. Конструирование деловых систем имеет целью переход к открытым⁸⁸ системам. Эта цель достигается с помощью обратной связи.

Системы, сделанные человеком, могут быть также адаптивными. Это вообще получается тогда, когда подача входа, его обработка и доставка выхода должны выполняться человеком. Адаптивная система — такая, в которой происходит непрерывный процесс обучения или **самоорганизации**. Диапазон входа адаптивных систем может быть широким, и для них может потребоваться процессор, пригодный при неопределенном входе. Машины, ранее делавшиеся человеком, не являются обучающимися. В настоящее время предпринимаются большие усилия для того, чтобы научить машины обучаться на основе предшествующего опыта. Классический пример обучающейся машины — автоматическая вычислительная машина. В более узком смысле такое обучение состоит в способности вычислительной машины считывать свои промежуточные результаты и последующие (адаптивные) шаги выполнять по предварительно определенному пути. Люди так программируют машину, чтобы она проверяла всевозможные выборы, которые могут представиться ей на любой стадии процесса. Машина может повторить запрограммированные шаги столько раз, сколько введено новых рядов условий. Такое построение процесса известно как итеративная петля. Совершенствование технологии машинной обработки позволит, в конце концов, сделать для машины возможным выполнение адаптивного процесса за пределами, обусловленными человеком с помощью программ.

Системы могут быть далее охарактеризованы как имеющие случайные качества. Такие системы существуют как среди естественных, так и среди сделанных человеком. Понятие **случайность** описывает условие статистически нестабильного входа или выхода. Вход случайной системы непредсказуем, и такая система действует внутри более широко определенных пределов. Адаптивные системы могут конструироваться для того, чтобы справиться со случайными условиями. Однако люди обычно стремятся ограничить случайность, чтобы иметь возможность конструировать более простые системы. Если важнейшее условие проблемы содержит случайность, то оно может быть передано в какую-либо одну конкретную область действия некоторой подсистемы. Это делается для ограничения нестабильных объектов, свойств и связей, чтобы минимизировать их влияние на другие, более, стабильные подсистемы.

Одна из принципиальных целей при конструировании системы заключается в снижении стоимости ошибок системы до некоторого уровня. Только сделанные человеком системы отвечают с любой статистической точностью этому ограничению; что касается естественных систем, то их объекты могут не поддаваться контролю, и, следовательно, связи могут быть случайными и нестабильными (т. е. непредсказуемыми). Люди выражают эту неопределенную ситуацию с помощью оценок вероятности совершения событий.

Структура естественных систем образуется в результате взаимодействия сил окружающей среды. Структура приобретает новое, качество тогда, когда совокупность объектов системы организуется и нечто, приближающееся к адаптивной системе. Однако структура систем, сделанных человеком, создается только человеком. Одна из основных целей человека при конструировании системы — уменьшить человеческие ошибки, вызывающие неправильное функционирование системы. Специалисту по анализу систем может быть поручено переконструировать систему, находящуюся в случайном, плохо структуризованном состоянии. Его целью может быть такая реорганизация системы, которая превратила бы ее в хорошо структуризованную открытую систему, способную предопределенным образом адаптироваться к данному диапазону входов. Неправильное функционирование системы отчасти обуславливается тем, в какой степени не достигается структура при конструировании системы.

Рассмотренные типы систем могут быть также грубыми или точными. Если такая физическая, сделанная человеком система, как термостат, сконструирована, чтобы принимать вход в широком диапазоне тепловых

⁸⁷ Сравни определение в разделе «Экспериментатор и эксперимент» (*прим. перев.*).

⁸⁸ В оригинале, видимо, ошибочно указано «к закрытым» (*прим. перев.*).

градиентов, то она может быть названа **грубой**. Если же эта система сконструирована, чтобы принимать вход внутри более узких градиентов, то она может быть названа **точной**. В сделанных человеком, системах конструктор стремится сохранить относительно постоянный уровень грубости и точности.

Человеко-машинные системы

Роль каждого компонента в человеко-машинных системах определена. И человек, и машина могут занимать в системе центральное положение. Конструктор системы стремится поднять качество человеческого входа до уровня машины. С ростом мощности роль машины становится более центральной, а роль человека — менее центральной. Машина выполняет функцию процессора, а человек вводит в нее вход. По мере увеличения гибкости машины она делает больше шагов обработки и дает более одного выхода. Автоматизированные модели специального назначения могут быть снабжены воспринимающим устройством, способным «читать» идущий процесс. Считанные данные могут автоматически передаваться в центральный процессор. Процессор обрабатывает этот вход и интерпретирует качество параметра (т. е. характеристику) физического процесса. Таким образом, функция машины может быть расширена и может включать в себя входную функцию.

Человеко-машинные системы действуют благодаря широкому диапазону возможностей и дополнителенностей их компонентов. Их возможности определяются способностями, присущими человеку, или свойствами оборудования, позволяющими решать задачу системы. Например, требование к системе считывать каждую секунду с прибора, записывающего температуру, не может эффективно выполняться человеком. Другой пример: если машине задана сортировка записанных на магнитной ленте 300 тыс. сообщений с 12 алфавитно-цифровыми знаками в каждом и при этом использовать память с объемом 400 слов, то эффективность такой системы будет низкой, стоимость высокой и количество расходуемого времени большим. Возможности системы меняются с изменениями требований к скорости, надежности, точности и частоте обработки. Возможности конкретной системы в конце концов покоятся на ее свойстве приспосабливаться к заданным условиям. Может оказаться, что мощность некоторых систем настолько велика, что их возможности будут больше, чем необходимо для действия системы; обратное тоже возможно. Системы, мощность которых сделана или слишком большой, или слишком малой, могут встречаться как в человеческих, так и в машинных категориях систем.

Дополнительность систем (см. определение связи в разделе «Что такое система») меняется в зависимости от числа и **возможностей** людей или машин. Если возможности отражают относительную «мощность» объектов системы, дополнительность отражает количество объектов, влияющих на действие системы. Дополнительность может быть также определена через увеличение «интенсивного» в системе. **Интенсивность** определяется как количество капитала, труда, материалов или оборудования, поставляемых для действия системы. При повышении уровня характеристик системы или ее эффективности интенсивности увеличиваются. Интенсивность одного может быть увеличена без уменьшения другого; интенсивности могут меняться «вверх и вниз» в зависимости от внутреннего диапазона качества параметра. Любые системные объекты, по определению, имеют и возможности, и дополнительности, которые описываются качеством параметров.

Человека и машину можно сравнивать друг с другом для выяснения трех вопросов: в чем они схожи; в чем они различаются; и как, зная сходство и различие, найти такой способ одновременного использования людей и машины, который бы позволял получить наилучшие результаты.

Люди и машины сходны в том, что они используют язык. Однако язык людей, в отличие от языка машин, имеет три формы: мысленную, устную и письменную. Язык мышления обычно используется при исследовании и увязке идей. Язык устной речи позволяет задавать вопросы или получать ответы и передает в устной форме процесс мышления. Процесс письма фиксирует процесс мышления и устный процесс, если они являются слишком длинными, слишком сложными, слишком подробными или слабоструктурированными, чтобы их можно было полностью держать в памяти.

Язык машин является формальным, систематическим, логическим, математически обоснованным набором символов. У него нет форм человеческого языка; его собственная форма может быть охарактеризована как автоматическая, программируемая и ориентированная на исход. Он является автоматическим потому, что может, выполнять отдельные операции без человека или с его помощью. Он является программированным потому, что «думает» по логическим, наперед запланированным путям. Он избирает альтернативы схематическим, итеративным образом, причем каждая итерация более или менее идентична. Язык машин ориентирован на исход процесса, поскольку промежуточные или конечные цели получаемого с его помощью решения производятся без какой-либо способности их предвосхищения, а только как исполнение программы.

Первое различие между человеком и машиной состоит в отличии языка. Язык человека обеспечивает гибкие возможности, недоступные машинам. Люди могут обдумывать проблемы, говорить о них и писать о них; они могут решать их или, по крайней мере, ставить их в одной из этих форм. Машины не могут «изобрести» проблемы, о которых нужно «подумать» до выражения этих проблем на символическом, логическом программируемом языке. Пока машинный язык не будет содержать средств для постановки и решения проблем, машины не смогут ни ставить проблемы, ни решать их⁸⁹. Конструирование самоорганизующихся систем (автоматических, программированных, самоизменяющихся по всем объектам в полностью адаптированной системе) увеличивает гибкость вычислительных устройств. Однако определенные ограничения на адаптивность систем существуют как сегодня, так и в предвидимом будущем.

Качества человека и машины могут эффективно комбинироваться. Это достигается тогда, когда возможности итеративного нахождения решения, имеющиеся у машин, объединяются с индуктивно-дедуктивными способностями

⁸⁹ Для решения этой проблемы ведутся многообразные работы. См. Рейтман У. Познание и мышление. Изд-во «Мир»; 1968 (прим. перев.).

людей. Стоимость первого решения из-за стоимости вычислительной машины может быть велика; стоимость последующих решений неизменно уменьшается, хотя не всегда линейно.

Размерность стоимости выражается долларами, человеко-часами⁹⁰, фунтами или другими количественными мерами этого же сорта. Стоимость может быть также описана как период времени. Стоимость может быть выражена приписыванием оценок качественным выражениям эффективности. Одна система имеет качественное превосходство над другой в эффективности, например, тогда, когда она создает условия для повышения безопасности. Например, стоимость повышенной безопасности на железной дороге может быть измерена снижением скорости, которое переводится в увеличение продолжительности путешествия; последняя может быть далее измерена в терминах уменьшения поездок на каждую единицу времени (неделя, месяц, год), хотя стоимость каждой поездки может оставаться постоянной. Уменьшение числа поездок в единицу времени может быть далее переведено не в стоимость, а в снижение дохода и соответственно - в снижение прибыли или рост потерь.

Качественное выражение стоимости определять труднее, чем количественное. Это становится особенно трудным, когда предлагаемое или желаемое состояние системы находится в будущем.

Второе различие между человеком и машиной состоит в том, что люди полностью адаптивны, а машины нет. Машинное решение—конец действия машины. Машина направляется своей, ориентированной на исход программой. Несмотря на большое количество итераций, машина в конечном счете не может делать большего, чем выполнять свой, производящий выход, цикл. Но для человека решение лишь средство, с помощью которого он постоянно улучшает адаптацию к окружающей его среде: решение находит применение. Это указывает на другое важное преимущество комбинирования человека и машины при решении проблем. Машины быстры и надежны; они способны ускорить процесс решения проблемы, улучшая адаптацию к окружающей обстановке. Машина может быстро и систематично рассмотреть большое число альтернативных решений. Человек может изучить лучшие из этих решений. Он делает вывод об их влиянии на обстановку и применяет их практически, чтобы улучшить свои связи со средой.

Третье различие между человеком и машиной состоит в том, что человек располагает властью над машиной. Он может не принять все ее решения и установить свое собственное эмпирическое или интуитивное решение. Поступая так, он может оказаться вынужденным переделать ответ машины, который является четким и точным, в человеческое решение, которое не обязательно имеет эти же качества. Превосходство человека над машиной необратимо; поэтому разумность решения, полученного вычислительной машиной, всегда находится под вопросом. Хотя автоматизированный выход может пользоваться высоким доверием, машина редко, если вообще когда-нибудь, рассматривается как *pe lus ultra* (вершина) принятия решения. Сегодня машина еще служит человеку и человеческой интуиции.

Интуицию можно считать специальным случаем логического анализа. Используя аналогию с вычислительной машиной, можно сказать, что ум человека имеет большую память — большую, чем любая, созданная на сегодня машина. Емкость памяти позволяет ей оставить далеко позади программы и оборудование. В дополнение, ум человека имеет особую способность обобщать опыт, выжимая из него наиболее существенное, а также вспоминать опыт для использования его в новой ситуации. Ум человека может придать этим специальным моделям опыта структуру планов и моделей действий гораздо более гибко и полно, чем то, что может быть сделано машиной.

И снова мы должны обратиться к отношениям дополнителности между человеком и машинами. Машины заставляют человека атаковать проблемы большего объема, чем ему было бы доступно, если бы он не располагал возможностями машин. Машины дают человеку возможность произвести широкий диапазон решений для данной проблемы. Без использования преимуществ, предоставляемых машинами, большое число решений было бы недоступным. Сочетание стимулируемой машинным производством решений человеческой способности вспоминать схематизированный опыт с самим машинным производством решений представляет идеальную комбинацию. Из этого следует, что по мере усложнения проблем, подлежащих решению, логически прилагаемая интуиция может оказываться все более и более ценным инструментом.

Полная система

Полная система состоит из всех объектов, свойств и связей, необходимых для достижения данной цели при данных принуждающих связях. Термин **система** наиболее часто используется в смысле полная система. Цель полной системы определяет назначение, для достижения которого организуются все объекты, свойства и связи системы⁹¹. Принуждающие связи системы являются ограничениями, накладываемыми на ее действие. Принуждающие связи определяют границу системы (т. е. определяют ее как подсистему — *прим. перев.*) и дают возможность точно установить условие, при котором она должна действовать.

Понятие полной системы можно иллюстрировать примером системы управляемого снаряда. Компонентами системы наведения управляемого снаряда являются:

- снаряд;
- наземное оборудование;
- запасные части и средства технической эксплуатации;
- люди и другие средства, необходимые для действия системы;
- система командования, контролирующая пуск системы в действие, и цели.

⁹⁰ Стоимость может измеряться в человеко-часах при известной стоимости человеко-часа (прим. перев.).

⁹¹ Понятие полной системы относится как к системе, обеспечивающей решение проблемы, так и к системе, появляющейся в результате этого процесса (прим. перев.).

Эти шесть компонентов системы наведения управляемого снаряда являются ее важнейшими подсистемами. Каждая такая подсистема, в свою очередь, состоит из нескольких входящих в нее подсистем. Например, в снаряд входят следующие подсистемы: 1) носовой конус, 2) двигатель, 3) система управления. Каждая из них также подразделяется на важнейшие физические компоненты, которые тоже являются подсистемами. В описание системы помимо перечисленных объектов должны быть включены все свойства и их связи. У каждого объекта может быть только одно свойство, но много связей; обратное тоже может быть справедливым.

Информационные системы в деловом мире должны определяться полным перечнем дополняющих друг друга подсистем. Например, при перестройке подсистемы материально-технического снабжения компании будут охвачены: 1) подсистемы, для которых управление материалами является входом или выходом; 2) подсистемы, которые являются важными компонентами управления материалами, и 3) более мелкие подсистемы каждой из важных компонент, упомянутых в п. 2. Такой охват будет требовать от специалиста по анализу систем способности работать в области производства, закупок, контроля продукции, учета, инженерного проектирования и сбыта. Определение изучаемой системы (подсистем) — одна из первых задач специалиста по анализу систем.

Подход к изучению проблем делового мира, основанный на представлении о полной системе, является существенно новым⁹². Понятие полной системы заставляет специалиста по анализу систем проводить широкую, но законченную границу вокруг проблемы, подлежащей изучению⁹³. Посредством определения полной области системы специалист по анализу систем стремится найти и атаковать основную проблему. Основная проблема может иметь связи с широким набором объектов. Это вызывает необходимость итеративной оценки альтернативных решений. Цель такой оценки состоит в определении поведения всех системных объектов в варьирующих условиях.

Процедуры решения проблемы, излагаемые далее, покоятся на системных идеях. Освещение и анализ проблем как подсистем полной системы обеспечивает выполнение необходимого условия, состоящего в том, чтобы все части проблемы были надлежащим образом и функционально связаны. Рассмотрение проблемы как системы предполагает идентификацию параметров проблемы как параметров системы. Каждый параметр должен быть затем определен его качествами и связями.

Чтобы указать место объектов в системе, мы рассмотрим процессы и связи действующей системы с помощью схематический конструкций.

Параметры системы

Параметрами системы являются объекты системы: вход, процесс, выход, обратная связь и ограничение. Каждый из объектов будет охарактеризован указанием его роли в действии системы. Использование такого функционально-ориентированного описания позволяет объяснить более детально сущность системы. Функциональное описание определяет «что»: какие сущности, какие действия и какие связи. Оно отличается от операционно-ориентированного описания, которое устанавливает «как» (см. раздел «Операционное описание систем» данной главы и гл. 3, 4 и 5)⁹⁴.

Вход, процесс и выход

Функцией входа является возбуждение той силы, которая обеспечивает систему материалом, поступающим в процесс. Постулируется, что вход может принимать одну или более из следующих форм:

1. Результат предшествующего процесса, последовательно связанного с данным.
2. Результат предшествующего процесса, беспорядочно связанный с данным.
3. Результат процесса данной системы, который вновь вводится в нее.

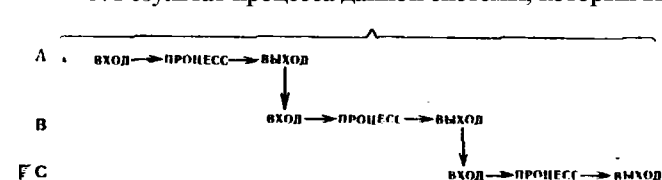


Рис. 2.1.

Пример первой из этих постулированных связей показан на рис. 2.1. В процессах B и C выход предыдущей подсистемы вводится без изменений как вход в следующий процесс. Процесс A с этим примером является более ранней по времени подсистемой, но не обязательно более простой или более сложной. Например, процесс A может быть отображением реального процесса аналоговым устройством сейсмографа; процесс B — аналого-цифровым преобразованием; процесс C — вычислением фактора интенсивности для данного отсчета, производимым цифровым вычислительным устройством.

Отображение, производимое аналоговым устройством, есть измерение одной физической величины с помощью другой, например, такой, как поворот оси. Сейсмограф, имеющийся в виду на рис. 2.1, записывает и измеряет звуковые волны, порождаемые толчками или сотрясениями земли. Звуковые волны являются входами, которые записываются на фотографической бумаге. Таким образом, изменение, происходящее при переходе от подсистемы A к подсистеме B, состоит в преобразовании длины сейсмической волны в величину, представляющую длину волны; размерность этой величины может быть выражена в миллиметрах. Число, выражающее длину в миллиметрах, используется подсистемой C для получения интересующих значений величины толчка или сотрясения.

Каждому из упомянутых выше процессов подсистем может быть сопоставлена полная система. Если несколько подсистем объединены для формирования конечного выхода, частные процессы A, B, C и т. д. связаны, как показано на рис. 2.2. Отношение полной системы к своим объектам и свойствам таково же, как и отношение подсистемы к

⁹² Само представление о полноте не является новым. Так, в «Правилах для направления ума», разработанных Декартом, требование полноты являлось четвертым правилом (прим. перев.).

⁹³ Сравни определение границы в разделе «Физические и абстрактные системы». Граница проблемы охватывает все объекты, имеющие отношение к процессу решения проблемы; граница системы охватывает все объекты, имеющие отношение к процессу системы (прим. перев.).

⁹⁴ Терминам «функциональное» и «операционное» иногда придается иной смысл. См., например: Лернер А. Я. Начала кибернетики. Изд-во «Наука», 1967, стр. 280 (прим. перев.).

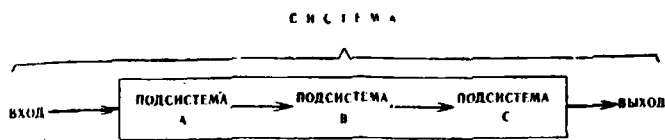


Рис. 2.2.

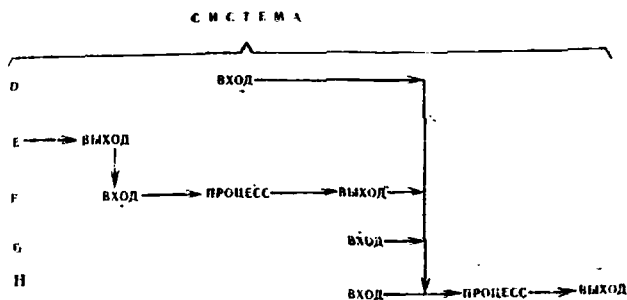


Рис. 2.3.

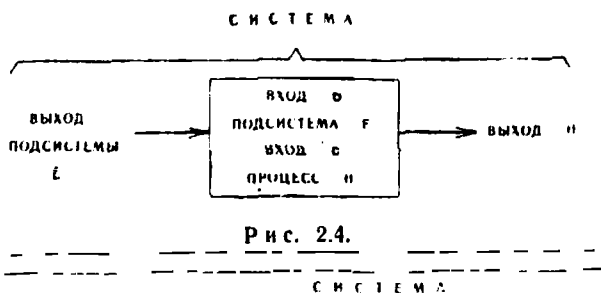


Рис. 2.4.

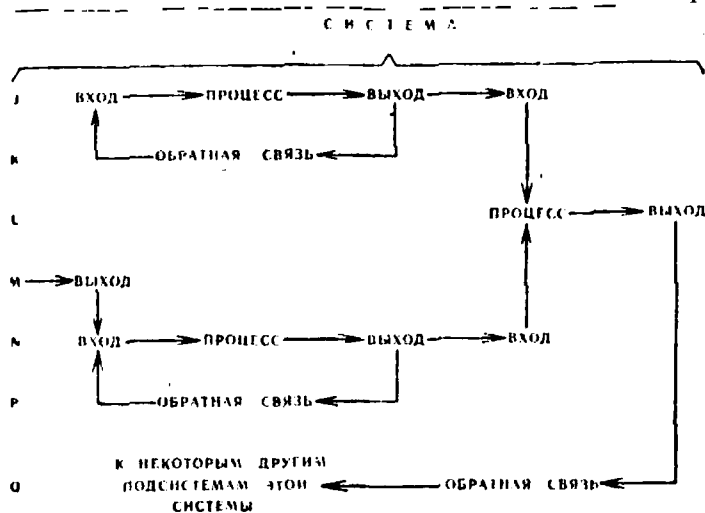


Рис. 2.5.

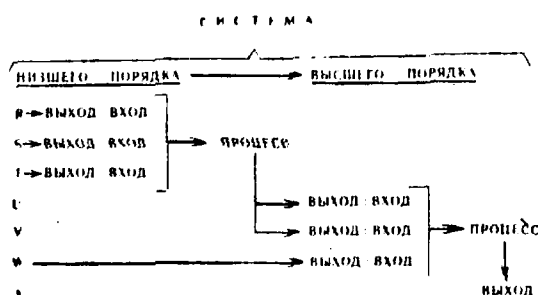


Рис. 2.6.

составляющим ее элементам. Поэтому один и тот же набор терминов может быть использован для описания как очень больших, сложных систем, так и очень маленьких, простых систем.

Вторая форма входа была названа беспорядочной, т. е. иной, чем последовательная. Этот случай может быть показан так, как это сделано на рис. 2.3. В этом примере *D* и *G* являются входами, вводимыми в случайные точки времени. Подсистемы *E* и *F* соединены последовательно друг с другом, как и в примере рис. 2.1. Подсистемы *D*, *F*, *G* и *H* можно представить как части единого процесса (рис. 2.4).

Третья форма входа отличается тем, что в этом случае вход вводится в систему, будучи до этого выходом этой же системы. Данный случай иллюстрируется на рис. 2.5. Объекты, обозначенные *K*, *P* и *Q*, имеют существенно отличные типы входа, чем те, которые обозначены *J* и *M*.

Часть процесса, называемая обратной связью, имеет целью управление подсистемой. Чтобы подчеркнуть уникальную функцию обратной связи в передаче выхода как входа в той же самой подсистеме, она на схеме показана обходящей вокруг процессора.

Выход является результатом процесса. Выход может быть также определен как назначение, для достижения которого системные объекты, свойства и связи соединены вместе. Определение выхода, таким образом, совпадает с определением цели⁹⁵. Выход

подсистем — промежуточный в противоположность выходу системы, который является конечным. Чтобы обеспечить подходящий вход в подсистему более высокого порядка, выходы, как это показано на рис. 2.6, могут быть взаимно причинно-зависимы (дополнительны). Подсистемы *R*, *S* и *T* по времени предшествуют подсистемам *U*, *V* и *X*; они с необходимостью должны предшествовать этим последним, чтобы система могла работать; подсистемы *U* и *V* имеют более высокий приоритет по сравнению с *R*, *S*, *T* и *W*, но более низкий приоритет, чем *X*.

Выход может автоматически становиться входом, если он вводится в последующую подсистему без изменения (обозначается на рис. «выход: вход»). В этом случае выход и вход идентичны. Процессы *R*, *S* и *T*, а также *U*, *V* и *W* производят один конечный выход *X*. В системах более низкого приоритета одиночный процесс (в противоположность процессу *S*) производит два выхода: *U* и *V*. Не существует ограничений на число выходов, вводимых в процесс, за исключением тех, которые обусловлены пределами возможностей человека и машины. Точно так же нет никаких ограничений на число выходов, которые могут образовываться в результате процесса.

Третий выход *W* введен от внешней подсистемы. Подсистема *W* не связана с предыдущей последовательностью системных процессов, производящих выходы *V* и *V*. Никаких ограничений на число выходов из источников,

помимо тех, которые устанавливаются последовательным соединением подсистем, и тех, которые определены пределами человека и машины, не существует.

Классический пример выхода, используемого как вход, — ведомость прямых трудовых затрат на работы. После использования данных этой ведомости табельщиком или бухгалтером записанные в ней суммы оплаты труда становятся без каких-либо изменений входом для получения таких выходов, как отчет о прямых затратах для центра анализа затрат, для отделов или более мелких подразделений. Дополнительно ведомость может стать входом для

⁹⁵ Определение цели см. в разделе «Формулирование проблемы» (прим. персе.).

расчетов зарплаты, учета затрат на продукцию, контроля загрузки станков и построения графиков использования трудовых ресурсов.

Управление с помощью обратной связи

Обратная связь есть функция подсистемы, сравнивающей выход с критерием. Целью обратной связи является управление. **Управление** определяется как такое состояние системы, когда она находится под контролем. Действие находящейся под контролем подсистемы поддерживается посредством устранения различия между выходом и критерием. Обратная связь подразумевает наличие подсистемы, предназначенной для восприятия выхода с целью достижения или сохранения управления. Управление предполагает программированное средство измерения отклонений выхода от того, что планировалось или ожидалось.

Управление есть такой объект систем и подсистем, который имеет особые свойства и связи. В человеко-машинных подсистемах элементы управления заключены в оборудовании, программах и соответствующих процессах подсистем. Процесс управления служит для того, чтобы сделать измерение действия системы методичным, последовательным и регулярным. Управление с помощью обратной связи есть средство, с помощью которого итеративные процессы могут быть интегрированы в конструкции подсистем. **Интегрированным** процессом называется такой, в котором объекты подсистемы теряют свой независимый характер; в интегрированных системах объекты могут быть определены только в контексте подсистемы или системы, к которой они принадлежат.

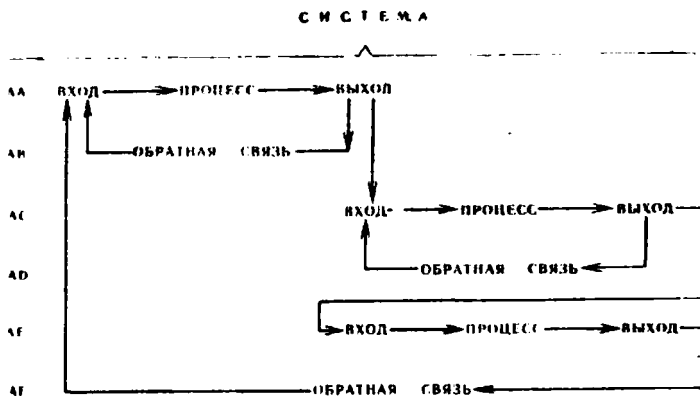


Рис. 2.7.

процесс обновления может быть схематически представлен так, как это сделано на рис. 2.7.

Подсистема AA на этой схеме предшествует двум подсистемам: AB и AC. Но она играет по отношению к ним разные роли: обратная связь AB дает вход в подсистему AA, но, кроме того, выход AA используется как вход в подсистему AC. Выход подсистемы AC поступает на входную сторону подсистемы AE. Подсистемы AA, AC и AE видоизменяются собственными функциями подсистем обратной связи; они также изменяются воздействием результатов последующих действий. Например, подсистема AE изменяет подсистему AA с помощью обратной связи AF.

Схема рис. 2.7 позволяет пояснить обратную связь:

- 1) как объект отдельного процесса подсистемы;
- 2) как объект интегрированного процесса подсистемы;
- 3) как распределенный по времени объект, возвращающий выход подсистемы с высшим приоритетом (более поздний во времени), для сравнения с критерием подсистемы низшего приоритета (более раннего во времени).

Предположим, что система состоит из следующих подсистем:

- 1) автомобиль и водитель;
- 2) путь (направление) и скорость автомобиля;
- 3) дорога и дорожные знаки;
- 4) время дня или ночи;
- 5) окружающая обстановка.

Чтобы упростить пример, будем считать, что автомобиль, водитель, а также путь и скорость автомобиля заключены в подсистеме AA, дорога и дорожные знаки — в подсистеме AC, а время дня или ночи и окружающая обстановка — в подсистеме AE. Выход подсистемы AC — положение автомобиля на дороге относительно дорожных знаков и других наличных условий. Выход обратной связи, который передается из AE в AA, есть оценки водителем безопасности движения и соответствия пределу скорости, которые получают им сравнением с тем, что ему известно как приемлемые характеристики вождения. Подсистемы AB, AD и AF будем называть подсистемами критериев действия системы. В подсистемах AA, AC и AE результаты сравнения характеристик движения с критериями AB, AD и AF обрабатываются и возвращаются в подсистему AA, в которой водитель корректирует путь и скорость экипажа.

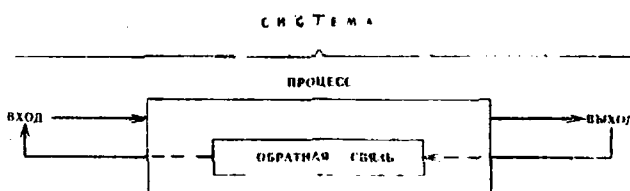


Рис. 2.8.

В приведенном схематическом примере процесса управления подсистема обратной связи показана вне процессора. Однако производящий выход процесс системы вообще может быть тем же самым объектом, который выполняет функцию обратной связи. Этот случай показан на рис. 2.8. Чтобы обратная связь вводилась в идущий

процесс системы, она подобно входу должна быть возбуждена. Это может делаться автоматически (программно), внутри машины, или человеком. В любом случае подсистема обратной связи должна быть воплощена в конструкции. Цель конструирования состоит в сохранении или улучшении характеристик подсистемы.

Обычно деловые системы не конструируются так, чтобы действовать только на основе исключения, хотя принцип исключения может быть использован⁹⁶. Чтобы система могла воспринимать вход, имеющий определенные вариации, ее конструкция должна быть достаточно «широкой». Поскольку деловая деятельность является открытой системой, она получает большое число входов от многих источников. Часть из них представляет обратную связь, дающую сообщения от работ внутри данной деловой деятельности, другие же приходят извне ее. Те, которые приходят извне, могут возникать у конкурентов, поставщиков или заказчиков. Границ анализа проблемы должны проводиться так, чтобы включить все источники входов и обратной связи, влияющие на действие изучаемой полной системы.

Обратная связь «воздействует» на систему. Воздействие есть средство изменения существующего состояния системы путем возбуждения силы, позволяющей это сделать. Действие обратной связи может превзойти существующий вход в зависимости от места, времени, формы, интенсивности, содержания и длительности воздействия (см. гл. 3). Тот, кто решает проблему, должен вмешиваться в существующее состояние, чтобы выполнить свою задачу. Воздействие может заставить систему пройти ее критическую точку и прекратить работу или заработать быстрее. Для специалистов, решающих проблему, по определению, нет таких частей системы, которые были бы свободны от дефектов. Причина неправильного функционирования системы может быть заключена в любой подсистеме. Проблема не может быть решена, если опасаются устанавливать местонахождение причины неправильного функционирования системы или воздействовать на ее неправильную работу.

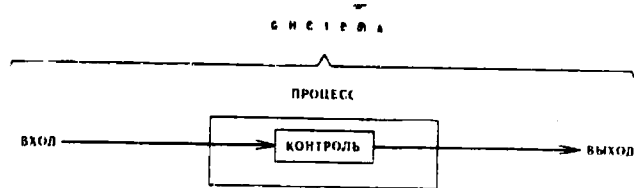


Рис. 2.9.

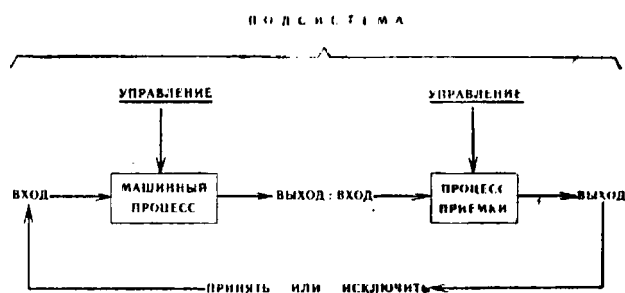


Рис. 2.10.

Управление может функционировать внутри или вне процессора⁹⁷. Примером управления, внутреннего по отношению к процессору, может служить случай, когда оно является частью физической конструкции машины. Клапан паровой машины—пример внутреннего управления. Примером внешнего по отношению к процессору управления является контроль изделия, который следует за работой станка. Внутреннее управление может быть представлено схемой рис. 2.9. В системе, приведенной на этой схеме, операция контроля входа заставляет процессор исключать такой вход, который по своему масштабу или форме не подходит для действия системы. Управление может также иметь форму редактирования входа, что позволяет исключать некоторые данные до их поступления в системный процесс. Нет никаких ограничений на число механизмов управления каждой системы, хотя чрезмерный контроль может привести к удорожанию и торможению действия системы. В типичных системах очистки нефти широко применяется контроль входа, процесса и выхода.

Внешнее управление, — может быть иллюстрировано с

помощью схемы рис. 2.10.

Ее элементами являются:

Элементы системы	Характеристики управления
1. Станок	Конструкция станка позволяет удерживать отклонения в заданном диапазоне. Это обеспечивается физической установкой зажимов, фиксаторов, режущего инструмента. Все это внутреннее управление.
2. Оператор	Использование чертежей; применение рабочего инструмента для проверки отклонений в процессе выполнения работы; использование регулировок скорости, подачи и глубины резания материала во время процесса. Все это внутреннее управление.
3. Контролер	Чертежи; спецификации; инструменты; знание принятых допусков. Это внешнее управление.

Если станок сам не способен удерживать отклонение в заданных пределах, средством управления может быть только человек. Перестройка зажимов, фиксаторов и режущего инструмента для компенсации недостающих качеств станка снижает производительность и качество. Человек — не совершенное средство управления, так как он лишен машиноподобных качеств. Он не ведет управления с необходимой строгостью. Он может вмешиваться в процесс слишком рано или слишком поздно. Управление, осуществляемое человеком, может быть определено с помощью набора правил или требований; они могут быть устными или письменными.

Функции рабочего при работе на станках с программным управлением могут быть ограничены установкой и съемкой изделия, перезарядкой ленты и контролем критических размеров изделия после процесса. В этом примере процесс управления одновременно внутренний по отношению к станку (он снабжен внутренней программой) и

⁹⁶ Принцип исключения широко применяется на практике в различных типах систем управления. Он заключается в том, что руководство данного уровня получает в данный момент только ту информацию, которая действительно требует его внимания, остальное исключается (прим. перев.).

⁹⁷ Здесь использовано неточное выражение: процессор подсистемы управления является частью процессора системы. Автор имеет в виду случай, когда процессор управления физически отделен от остальной (технологической) части процессора системы (прим. перев.).

внешний в форме функции наблюдения, выполняемой рабочим. Контролеры при приемке выполняют функцию обработки данных (проверку), которая неотделима от функций управления, необходимых для предшествующей операции.

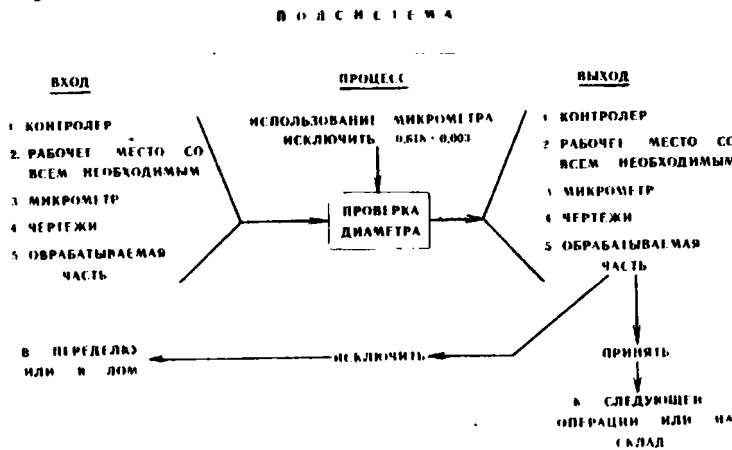


Рис. 2.11.

для рабочего и для контролера. Средства контроля есть устройства, которые с равной силой прилагаются к двум или более подсистемам. Использование микрометра также является средством контроля: рабочий и контролер могут применять один и тот же инструмент. При одних и тех же ограничениях, чтобы определить, находится ли измеряемый диаметр в пределах допустимых отклонений. Допустимое отклонение, указываемое чертежом, — жесткое требование. Однако само по себе применение микрометра не является строгой процедурой. Контролер может иметь больше времени, быть более опытным или иметь лучший инструмент. Поэтому он может проводить более точные измерения. Рабочий не имеет возможности организовывать свою работу так, как это делает контролер. Кроме того, условия его работы могут отличаться от условий работы контролера, например, могут возникнуть трудности при считывании с измерительного инструмента. Рабочий просто может забыть проверить размер диаметра так, как требуется.

Ограничения систем

Функция ограничения систем складывается из, двух частей: цели и принуждающих связей. Ограничение системы является выходом органа, обозначаемого как **покупатель** выхода системы. Например, в военных условиях покупателем может быть тактическое или стратегическое командование, которое создает исходное требование к системе и ставит подлежащие выполнению условия. В деловом мире покупателем может быть заказчик, впрочем конкуренты также могут сильно влиять на цели и стандарты промышленности. Конечным покупателем правительственной деятельности неизменно является общество. Системные покупатели существуют на всех уровнях действия подсистем. Системный покупатель воздействует на выход и управление системы, как это показано на схеме рис. 2.12.

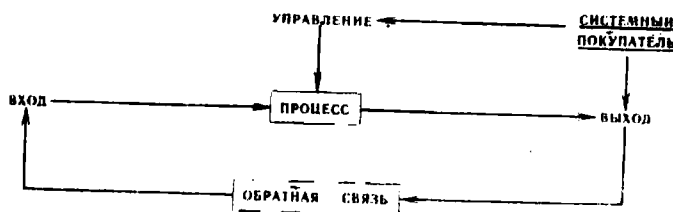


Рис. 2.12.

Требования к системе диктуются покупателем в форме ограничения. Ограничение преобразуется процессором (промышленностью, военными или правительственными организациями) в форму, согласующуюся с намерениями покупателя и возможностями процессора. Например, покупатель — авиалиния может обусловить крейсерскую скорость трансконтинентального варианта сверхзвукового транспорта в 1400 морских миль в час. Если при данном состоянии возможностей промышленности это выполнимо, требования включаются в технические условия и становятся свойствами конструкции.

Целями покупателя могут быть изделия или обслуживание. Требования к системе могут быть установлены широко (улучшить трансконтинентальные полеты) или точно (крейсерская скорость 1400 морских миль в час). В каждом случае организация, решающая задачу, формирует цели покупателя как ограничение проблемы, состоящее из принуждающей связи (скорость) и цели (сверхзвуковой самолет). Ограничения проблемы должны быть установлены руководителями компании для всех уровней ее руководства, участвующих в определении политики компании, и для всех руководителей функциональных отделов, влияющих на достижение ее целей. Организация — это средство для достижения цели при данных ограничениях⁹⁸.

Операционное описание систем

Операционное описание определяет «как» что-нибудь делается. Данный раздел и значительная часть глав 3, 4 и 5 посвящены в основном операционному описанию систем. Это позволяет объяснить, каким образом системы действуют при установленных функциональных ограничениях. Сегодня широко принимается принцип, состоящий в том, что все живые и механические системы являются информационными системами⁹⁹. Считается, что в этих системах существенно используется обратная связь. Специалист по электронной аппаратуре принимает его как такой принцип конструирования систем, который требует, чтобы каждый переданный сигнал и каждая изданная команда

⁹⁸ Об идеях конструирования организаций как средства для достижения цели, развиваемых в США, см. «Approaches to Organization Design

⁹⁹ Механические системы, создаваемые людьми, всегда содержат как существенную часть для своего действия информационную подсистему (прим. перев.).

имели информационную обратную связь. Обратная связь обеспечивает уверенность в том, что сигнал принят и понят и что действия выполнены predeterminedенным способом.

Машины выполняют функции системы полуавтоматически, а люди — сознательно. Сознательно выполняемая функция определяется как самодвижущаяся и исполняемая с намерением, а не случайно. Сознательно выполняемая функция может быть не исполнена, поскольку человек решит не действовать или пренебрежет действием по причинам иным, чем те, которые известны под названием «свобода воли»¹⁰⁰. Сознательно выполняемая функция возбуждает подсистему, которая, в свою очередь, начинает действовать. Постулируется, что в системах, где человек является процессором, сознательно выполняемая функция существует в точках, отмеченных x на рис. 2.13. Конечные точки действий, порождаемых в точках x , отмечены y . Сила, возбуждающая систему, складывается из действий людей и процедурных операций, заложенных в конструкции системы. Если поставлено требование подать вход, то должно быть выполнено действие над входом x , которое доставит этот вход к процессору в точку y . Точно так же, если поставлено требование к управлению или обратной связи, энергия, необходимая для того, чтобы начался процесс подсистемы, возникнет в x и двинется к y . Постулируется, что возбуждающая сила должна действовать внутри ограничений подсистемы.

Чтобы операционно рассмотреть роль обратной связи, представим себе две системы: 1) независимую

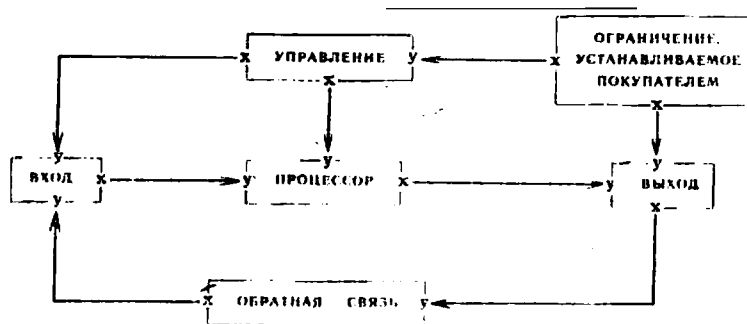


Рис. 2.13.

исследовательскую организацию, обслуживающую клиентов, и 2) компанию — одного из клиентов исследовательской организации, пользующейся этим обслуживанием. Понятие

системных объектов используется для объяснения: 1) отношений между двумя организациями, 2) отношения

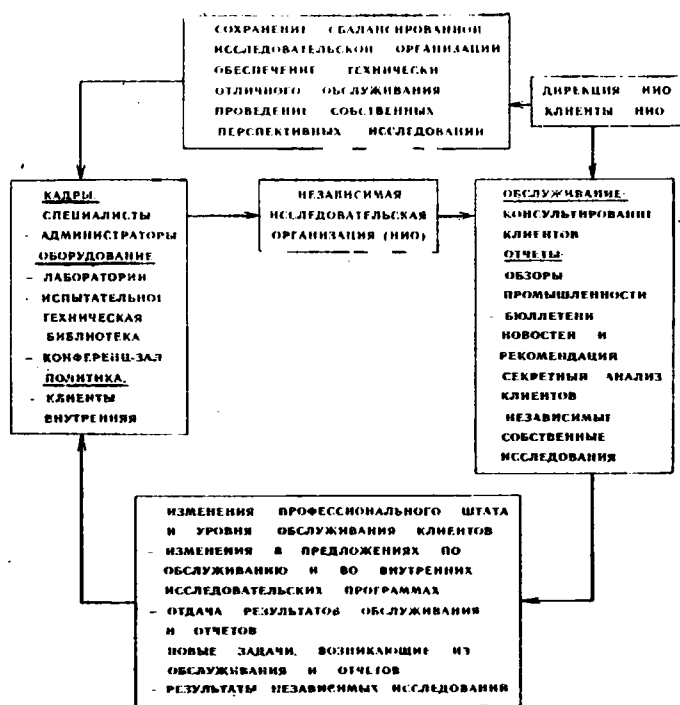


Рис. 2.14.

исследовательской организации к исследовательским работам компании и 3) отношений исследовательских работ компании к остальным важнейшим системам компании, например, к таким, как система для определения цены на новую продукцию. Система, которая описывает независимую исследовательскую организацию, показана на рис. 2.14. Система, описывающая клиента-потребителя независимой исследовательской организации, показана на рис. 2.15¹⁰¹.

¹⁰⁰ Как видно, Олпгнер отвергает здесь буржуазное, в основе своей идеалистическое, понимание поведения субъекта как отправляющегося от произвольных желаний, «свободы воли». Материалистическое понимание предполагает объективную обусловленность поведения субъекта (прим. перев.).

¹⁰¹ На рис. 2.14 и 2.15 вход капитала, выход прибыли или потерь и обратные связи, контролирующие финансовые и стоимостные элементы, опущены, чтобы упростить представление этих систем [прим. автора].

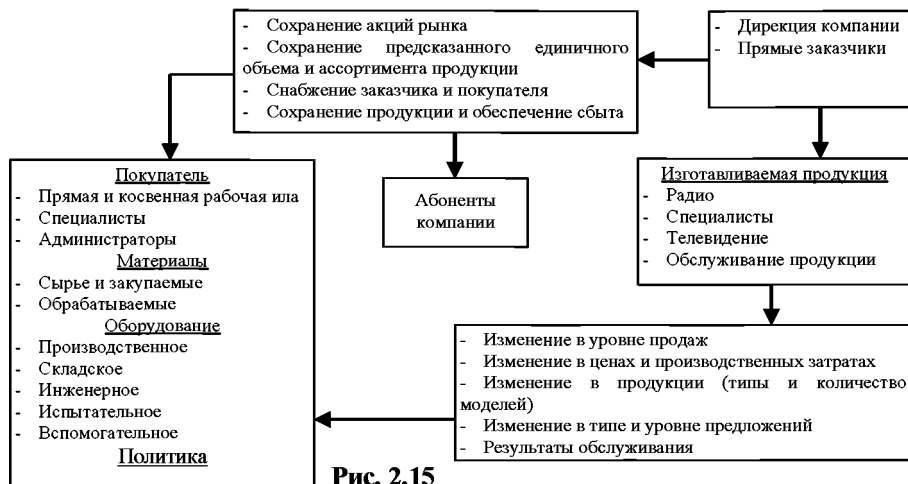


Рис. 2.15

Системные объекты и связи двух организаций представлены на схеме рис. 2.16. На этой схеме показано два процесса, один из которых происходит в компании, а другой — в независимой исследовательской организации. Каждый процесс имеет собственный канал обратной связи; кроме того, на каждый процесс воздействует выход и обратная связь другого процесса. Компания и ее научный консультант частично объединены. Объединение состоит в комбинировании всех объектов, свойств и связей процессов систем и подсистем при ограничении,

состоящем в достижении общих для объединяемых систем целей, и при данных определенных принуждающих связях.

Эти отношения компании и ее научного консультанта могут быть также показаны в форме последовательных связей (рис. 2.17). Чтобы дальше исследовать операционную роль обратной связи, необходимо выделить элементы процесса исследований, выполняемых компанией. В этот процесс поступают входы от независимой исследовательской организации, а также от других источников, например, от таких, как внутренние исследования конкурентов или исследования рынка. Отсюда видно, что обитая форма подсистемы, в которой объединяется вся исследовательская деятельность компании, может быть представлена схемой рис. 2.18. На этой схеме показан вход, который порождает политику компании в области исследований. Составляющие его четыре входа в систему формирования политики в области исследований являются подсистемами; они также являются входами в три другие подсистемы.

Эти последние три выхода в том, что касается входа или процессора, не полностью описываются с помощью системы формирования политики в области исследований. Например, система формирования политики в области цен, используемая компанией, требует входов, показанных на схеме рис. 2.19. Не все из 9 входов этой схемы являются входами для семи выходов. Например, у системы формирования политики в области исследований нет прямого взаимодействия с подсистемами, которые формулируют план производства. С собственно производственным процессом у нее есть только косвенная связь.

Отношения обратной связи в области исследований, выполняемых компанией, могут легко становиться более сложными. Подобно «цыпленку и яйцу» каждая подсистема действует на другую непрерывным продолжающимся образом (рис. 2.20).

Каждая из подсистем рис. 2.20 может быть операционно определена указанием ее объектов, свойств и связей. Объектами систем, показанных на рис. 2.16 и 2.20, были входы, выходы, обратные связи и ограничения покупателя. Свойствами этих объектов

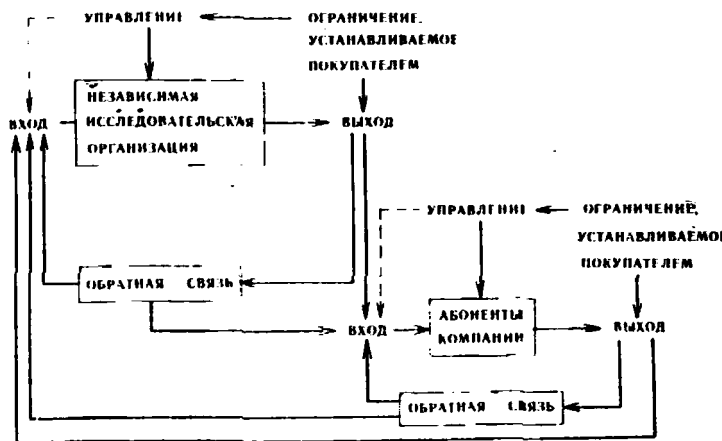


Рис. 2.16.

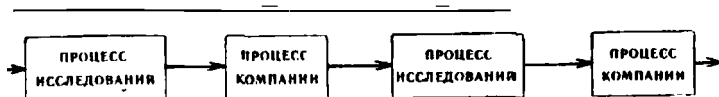


Рис. 2.17.

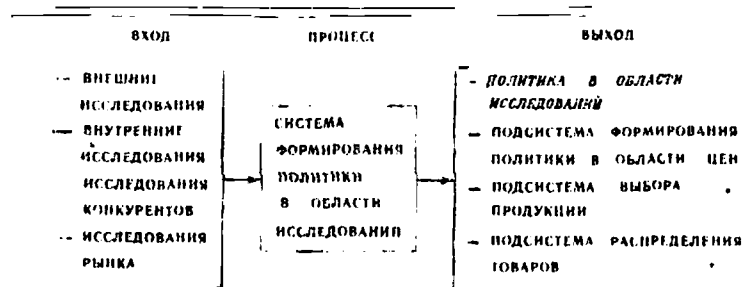


Рис. 2.18.

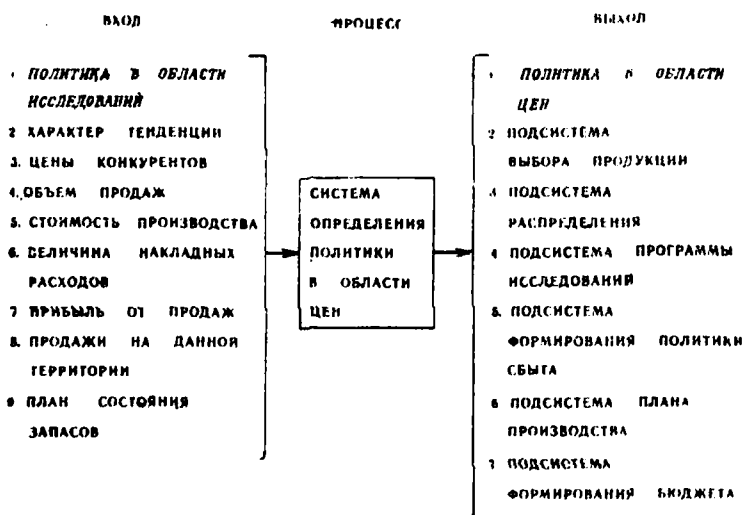
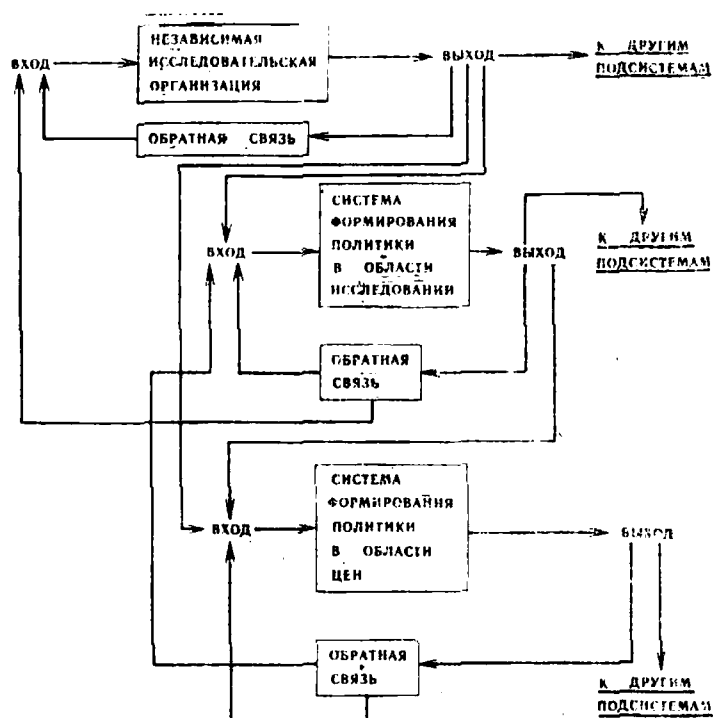


Рис. 2.19.



Р и с. 2.20.

являются их оценки в долларах, часах, штуках, количествах или в других количественных или качественных измерителях, приведенных на рис. 2.14, 2.15, 2.18 и 2.19.

Связи подсистем иллюстрируются рис. 2.20. В результате анализа проблемы должно быть установлено, каким образом все объекты, свойства и связи одних подсистем используются совместно с объектами, свойствами и связями других подсистем, чтобы сохранить или улучшить выполнение системой своих задач.

Отношения между компонентами обратной связи

Системные идеи дают нам средство, позволяющее создать структуру формального подхода к решению проблемы. Таким образом, решение проблемы может рассматриваться как цель, а системные идеи — как принуждающие связи.

Системы конструируются для того, чтобы решать проблемы путем получения входа и производства выхода. Конструирование системы становится структурой, позволяющей решить проблему. Система есть средство для выражения проблемы в терминах объектов, свойств и связей.

Возможности, заложенные в систему при ее конструировании, обеспечивают оперативное средство для итерации альтернативных решений проблемы и их последующей оценки.

Основная задача этой главы — объяснить, каким образом обратная связь действует как системный объект. Это будет сделано постулированным содержанием метода сравнения выхода с критерием, т. е. постулированным решением проблемы с помощью действия системы. Сравнение выхода с критерием производится в подсистеме управления с помощью обратной связи. Решения проблем находятся в операциях обратной связи, определяющих степень расхождения между предлагаемым и существующим состоянием системы или подсистемы. Для сравнения с критерием необходимо наличие трех единственных в своем роде элементов.

Название элемента	Определение элемента обратной связи
Модель выхода	Устройство, позволяющее поддерживать в осмысленном, взаимосвязанном порядке цели, принуждающие связи и критерий действия системы, а также хранить и обновлять их
Проверка соответствия	Устройство для обработки информации, описывающей выход системы, относительно информации модели выхода
Модель	Устройство для рассмотрения априори вероятного результата вмешательства в действие системы

Модель определяется как представление системы. Действие модели может сделать возможным определение характеристик других систем. Модели систем могут принимать многие формы, например, это может быть небольшая установка, являющаяся действующей моделью большой очистительной системы. В этом случае физическая модель является уменьшенным вариантом будущей крупномасштабной физической системы.

Моделями могут быть также уравнения, представляющие реальный процесс, например работу упомянутой установки. Модели могут представлять не только физические системы, но и абстрактные системы, например, такие, как идеи или отношения между идеями. Можно построить модели любой из систем, приведенных в качестве примера в гл. 2.

При построении модели цель состоит в конструировании достоверного представления реального мира. Модель, о которой говорят, что она представляет явления реального мира, должна давать в промежуточных и конечных результатах выход, оправдывающий это утверждение.

Постулируется, что модели выхода содержатся во всех системах и на всех уровнях подсистем. Модель выхода существует как для решений, определяющих процесс, так и для решений, определяющих конечный исход. Содержание модели выхода для решения, определяющего процесс, конкретно. Модель выхода для решения, определяющего конечный исход, является более общей;

в этом случае модель выхода может отображать процессы, действующие, как полагают, в полной системе, без раскрытия их деталей.

Эвристический метод, ранее определенный как метод решения проблем с помощью самообучения, может применяться в хорошо знакомых случаях решения проблем;

при этом может использоваться широко определенная модель выхода. В этом случае нет обеспечиваемой управлением с помощью обратной связи гарантии, что неправильная работа промежуточных подсистем не будет иметь места. Если степень общности модели выхода возрастает и, следовательно, модель становится неспособной действовать в промежуточных процессах, риск в решении проблемы увеличивается. Это происходит независимо от

того, воспринимаются ли процессы интуитивно или нет, и независимо от того, достаточно ли проста и знакома проблема, чтобы можно было положиться на конечный исход.

Постулируется, что операции **проверки соответствия** содержатся во всех подсистемах обратной связи. Проверка соответствия существует для каждого входа и для каждой модели выхода. Наличие или отсутствие соответствия между выходом и моделью выхода устанавливается с помощью трех операций: определения различия¹⁰² между выходом и моделью выхода; оценки логичности и значения наблюдаемого различия¹⁰³ и составления решения на основе различия (сочленения различия с решением)¹⁰⁴.

Определение различия может принимать либо количественную форму сравнения величин (мощности, емкости, количества, размера, порядка), либо качественную форму определения относительного различия (степень или сорт, класс или градация, эффективность или завершенность). Сравнение величин или определение различия производится через сравнение качеств, приписанных параметрам подсистем. Сравнение несравнимых качеств является, по определению, частью противоречивого условия.

Операция оценки различия следует за операцией определения и выделения различия. Если операция определения различия дает только возможность отличать, то операция оценки различия производится для интерпретации того, что распознается. **Операция оценки различия** состоит из взвешивания и расценивания величины или качества наблюдаемого различия. Результаты операции оценки различия являются скалярными величинами: они определяют степень различия или сходства между выходом и моделью выхода.

Составление решения на основе наблюдаемого различия (сочленение различия с решением) есть последняя операция проверки соответствия. Она представляет собой процесс выработки решения, определяющего курс действий для модели воздействия. Операция сочленения различия с решением есть процесс построения однозначно сформулированного заключения.

Модель воздействия формирует вход в «подсистему». Модель воздействия определяет принимаемую форму воздействия. Форма воздействия описывается в терминах содержания воздействия, формы сообщения, определяющего содержание воздействия, и скорости доставки сообщения. Успешность действия подсистемы

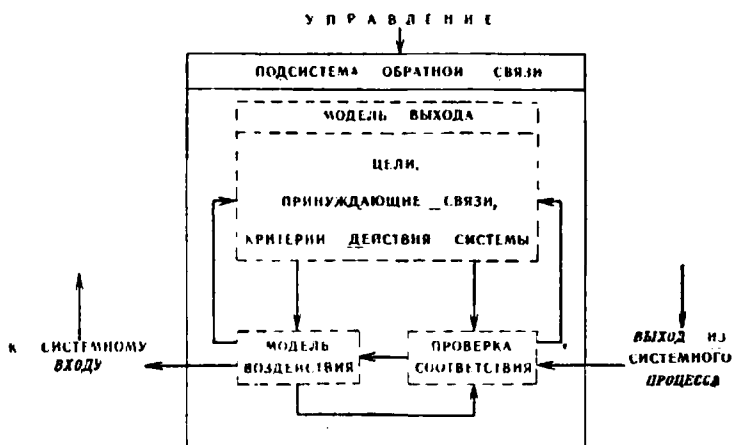


Рис. 3.1.

обратной связи? и определяется этими важнейшими элементами воздействия. Вмешательство в процесс подсистемы может быть случайным или планируемым. Стоимость случайного воздействия может не быть измеримой. При планируемом воздействии можно сравнить стоимость перебоя процесса, возникающего при вмешательстве, с пользой, ожидаемой от вероятного усиления процесса вследствие и после его перебоя. Модель выхода, проверка соответствия и модель воздействия представлены на схеме рис. 3.1. Модель выхода является ограничением процесса подсистемы обратной связи. Его границы в соответствии с целью полной системы устанавливаются операцией проверки соответствия и моделью воздействия. Комбинация целей и принуждающих связей, представленных в

подсистеме обратной связи, может быть или может не быть достаточной для выполнения прилагаемых к полной системе ограничений покупателя.

Обратная связь передается преимущественно в одном направлении: от проверки соответствия к модели воздействия. Однако в схеме рис. 3.1 предусмотрена связь для возврата информации модели воздействия в проверку соответствия. На этой схеме показаны контуры процесса итерации, охватывающие выход, операцию проверки соответствия, а также модель выхода и модель воздействия. Воздействие, проверка соответствия и модель выхода могут иметь стоимость. Число итераций в контурах схемы рис. 3.1 может быть ограничено также и относительной сложностью процессора¹⁰⁵.

Модель выхода

Модели выхода, проверки соответствия и модели воздействия функционально и операционно объединены в подсистеме обратной связи. Выборка выхода процесса подсистемы поступает в подсистему обратной связи. Автоматические, машиноподобные системы могут возвращать для сравнения до 100% выхода; менее структурированные организмы или машины в состоянии возвращать меньшую долю выхода. На основе некоторых физических процессов могут быть сконструированы такие устройства, которые не возвращают никакого выхода, кроме выхода заданного типа. Постулируется, что человеческие организмы (процессоры) действуют ото всех выходов, которые ими соответствующим образом восприняты. Некоторые выходы, смутно воспринимаемые как шум,

¹⁰² В оригинале: differences. При переводе принято слово «различие», которое имеет более широкий смысл, чем «разница», которая подразумевает только количественное сравнение (прим. перев.).

¹⁰³ В оригинале: evaluation of observed differences (прим. перев.).

¹⁰⁴ В оригинале: articulation of differences (прим. перев.).

¹⁰⁵ Необходимо обратить внимание на то, что подход к определению решения, изложенный в этом разделе, отличается от подхода, описанного Гудом и Маколом («Системотехника». Изд-во «Советское радио», 1962). То, что эти авторы называли «внешним» и «внутренним» проектированием, здесь приобрело форму функционально-необходимых операций (прим. перев.).

также могут быть обработаны. Количество выхода, обрабатываемого как обратная связь, прямо пропорционально сложности воспринимающего процессора.

Модель выхода представляет ожидаемый исход. Она может принимать количественную или качественную форму. Количественная форма модели выхода может выражать ожидаемый исход как предполагаемую величину (доллары прибыли, потерь, затрат; единицы персонала, оборудования, устройств и т. д.). Такая величина может быть подходящим критерием или стандартом. Если структура стандарта объединяет количественные оценки всех объектов и свойств, входящих в систему или подсистему, он может быть идеальным критерием. Критерии и стандарты используются в моделях выхода как средство фиксации информационной базы для целей сравнения. Стандарты описывают, каким должен быть ожидаемый выход системы.

С качественной стороны стандарт может быть авторитетным правилом или принципом, с помощью которого измеряют отклонения от ожидаемого исхода, упорядочивая их от лучших к худшим, от высших к низшим и т. д. Там, где количественный стандарт делает возможным точное измерение, качественные стандарты менее точны. Однако качественный стандарт может придать процессору подсистемы обратной связи способность проводить операцию различения в комплексных, плохо определенных проблемах. В состав качественной модели выхода может входить ряд альтернативных исходов, из которых одни более благоприятны, а другие — менее.

Постулируемая общая форма модели выхода представлена на схеме рис. 3.2. Ограничение ожидаемого исхода



Рис. 3.2.

или проблемы состоит из принуждающей связи и цели. Принуждающая связь устанавливает осмысленное ограничение цели. Цель, в свою очередь, делается управляемой с помощью принуждающей связи. И то и другое используется при конструировании критерия (стандарта). Критерий определяет, каким образом ограниченная принуждающей связью цель может быть измерена (вынесено суждение о ней)¹⁰⁶. Критерий дает возможность показать относительное согласие с ожидаемым исходом в отношении степени завершения или полноты. Критерий выражает соответствие цели реальным, созданным человеком и естественным, силам.

Содержание критерия как операции может быть выражено в терминах цели. При этом критерий обуславливается такими принуждающими связями, которые могут быть согласованы с целью. Если принуждающие связи и цели находятся в дисгармонии, условие будет противоречивым или недостаточным.

Конструирование критерия может рассматриваться как системный процесс, показанный на рис. 3.3.

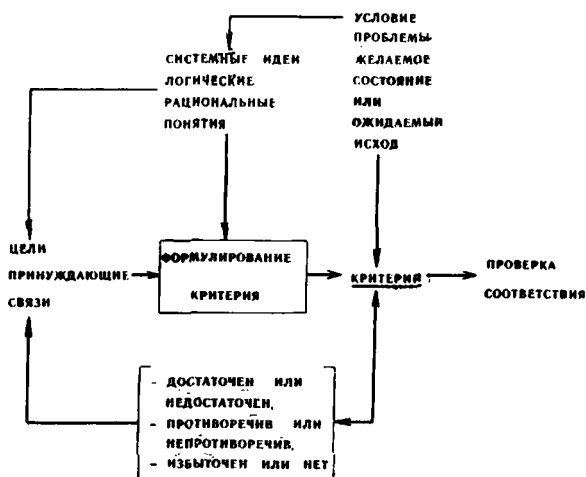


Рис. 3.3.

Формулируемый критерий в конце концов поступает в операцию проверки соответствия. Критерий пригоден для проведения требуемого измерения в той степени, в какой это совместимо с условием проблемы.

Фактические исходы и желаемые состояния необязательно совпадают. Например, фактический выход системы может быть много ниже ожидаемого, несмотря на наличие существенно более высоких задач. В таких случаях относительная разница фактического исхода и желаемого состояния должна быть предметом изучения. Высокие стандарты могут быть полностью несогласованными и противоречивыми; может оказаться, что достаточное условие не выполнено или невыполнимо. Если стандарт непригоден для осуществления, он должен быть пересмотрен или же он должен будет существовать в противоречивой ситуации. Много проблем существует в противоречивой обстановке, и некоторые из наиболее крупных достижений людей возникли из «невозможных»

ситуаций. Вообще говоря, природа стандартов деловой деятельности позволяет производить их изменение, чтобы они отражали то, что действительно может быть выполнено. Важные проблемы, решить которые «невозможно», могут быть разрешены по этапам в течение длительного периода времени.

Для решения проблем по этапам необходимо определение процесса решения, а не конечного исхода. Определение процесса дает возможность установить промежуточные исходы и альтернативы. При этом решение «вырастает» из проблемы, проходя через этапы понимания действия и недостатков подсистемы. Как только найдены альтернативы каждой подсистемы, можно получить их оценки и частные решения. После определения альтернатив последовательно связанных действий, исследователь старается сохранить единообразный точный или грубый уровень анализа.

Возвратимся к примеру управления движением автомобиля (гл. 2, раздел «Управление с помощью обратной связи»)¹⁰⁷. Условие теперь может быть переформулировано следующим образом: автомобиль идет по извилистой дороге; автомобиль, водитель, дорога, дорожные знаки и окружающая обстановка образуют систему; скорость, путь и направление движения являются выходом системы; водитель и энергия двигателя составляют вход; обратная связь складывается из восприятия и действий водителя, который корректирует нежелательное положение своего экипажа относительно дороги. У водителя есть модель безопасного вождения, с которой он сравнивает фактически

¹⁰⁶ Пояснение в скобках относится к случаю качественного сравнения (прим. перев.).

¹⁰⁷ Большое количество примеров системной интерпретации практических ситуаций можно найти у Генриха Грениевского в главе «праксеологические модели» книги «Кибернетика без математики». изд-во «Советское радио», 1964 (прим. перев.).

выполняемое им вождение. Фактическое вождение корректируется в соответствии с требованиями модели безопасного движения. Целью системы является прибытие автомобиля в место назначения; принуждающие связи — время прибытия в место назначения, маршрут и законы, управляющие движением автомобиля.

Возьмем такую ситуацию: автомобиль движется со скоростью 40 миль в час и приближается к перекрестку дороги как раз тогда, когда сигнал светофора изменяется с зеленого на желтый. В операцию проверки соответствия поступает выход: вход, состоящий в изменении цвета сигнала регулирования движения. Модель выхода содержит не только упомянутые цели и принуждающие связи, но также дополнительные, несформулированные, имеющие характер фона принуждающие связи, например, такие, как «привычка безопасного вождения» или «чувство времени». Они также поступают в операцию проверки соответствия.

Число возможных альтернатив решения зависит от степени понимания задачи: водитель может ускорить движение через перекресток, потому что его модель безопасного вождения указывает, что это будет безопасно. Водитель может действовать, основываясь на своей привычной интерпретации свойств данной марки машины, на своем опыте, показывающем, что, идя на риск, он обычно добивается успеха, или просто на личном чувстве времени. Это чувство времени может диктовать ему «пройти на желтый» в то время, когда желтый «почти красный», и, таким образом, это уже небезопасно и незаконно. Может быть и противоположный случай: желтый может быть «почти зеленым» и, таким образом, — безопасным. Водитель может повысить скорость, просто почувствовав необходимость.

Все это знакомые виды поведения. Водитель пытается «выжать время» увеличением скорости и некоторым снижением безопасности вождения. Его может оправдать характерное для перекрестка условие: он потому продолжает пересекать перекресток, что опасается следующего за ним на близком расстоянии автомобиля, идущего на более высокой скорости, чем его собственный. Первый элемент обратной связи — восприятие и оценка обстановки водителем — оценивает все вышеупомянутые объекты и свойства и в дополнение к ним:

1) необходимость увеличить ускорение; 2) находящиеся впереди него автомобили, которые остановились, замедлили или увеличили скорость; 3) автомобили, уже остановившиеся на перекрестке и ожидающие изменения света; 4) автомобили, входящие в перекресток с противоположного направления движения еще до того, как свет полностью изменился; 5) автомобили, поворачивающие с пути его экипажа или выезжающие на него; 6) присутствие или отсутствие пешеходов на переходе и 7) присутствие или отсутствие полисмена на перекрестке.

Из приведенного примера следует, что может быть более чем один критерий и одна модель выхода в данной операции одновременно¹⁰⁸. Механизм сравнения относительной ценности альтернатив исходов может быть или может не быть последовательно действующим. В простых или сложных ситуациях выход последовательно сравнивается с критериями. Это делается даже в том случае, если время, доступное для такого сравнения, резко уменьшается. Неспособность последовательно оценивать альтернативы может вести к нежелательным действиям. Физические процессы, которые делают возможными так называемые «блестящие» решения, образуют область исследований нейрофизиологов, психологов и других специалистов, находящихся на ранней стадии понимания огромных возможностей человеческого мозга.

Общими элементами рассмотренного примера являются:

- возможность обработки выхода совместно с моделью выхода;
- наличие одной или более моделей выхода для данного процесса подсистемы или системы;
- последовательная итерация данного выхода с несколькими моделями выхода;
- возможность дальнейшей итерации в операциях проверок соответствия и моделях воздействия.

Операция проверки соответствия

Операция проверки соответствия есть часть подсистемы обратной связи, вырабатывающая решение. Постулируется, что эта операция вырабатывает результат при поступлении в нее двух входов: критерия из модели выхода и выборки выхода процесса. Операция проверки соответствия схематически показана на рис. 3.4.

Первый элемент операции проверки соответствия — операция определения различия. Различение может выполняться как по степени, так и по виду и в случае качественных, и в случае количественных проблем. Однако, если проблема качественная, одно только численно выражаемое различие может не быть убедительным. В этих случаях должен быть сконструирован и использован не выраженный числами критерий, пригодный для адекватного его назначению определения различия и выработки суждения.

¹⁰⁸ Необходимо обратить внимание на то, что эта важная мысль находится в противоречии с широко распространенным мнением о необходимости одного критерия для одной операции (прим. перев.).

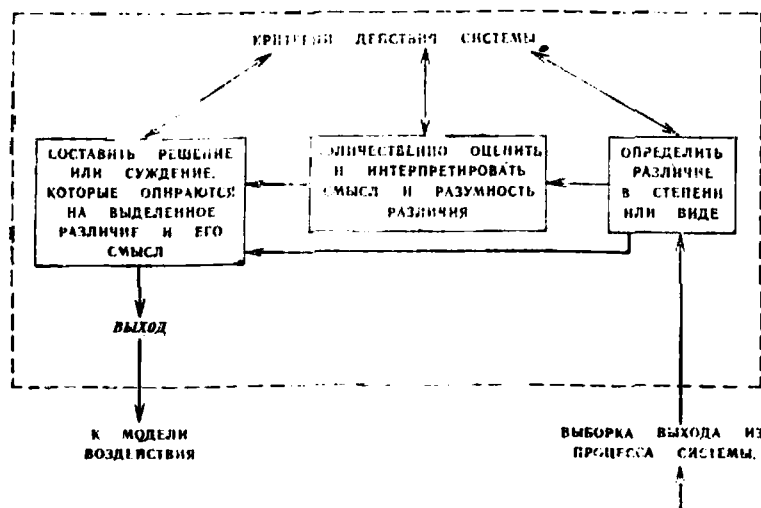


Рис. 3.6.

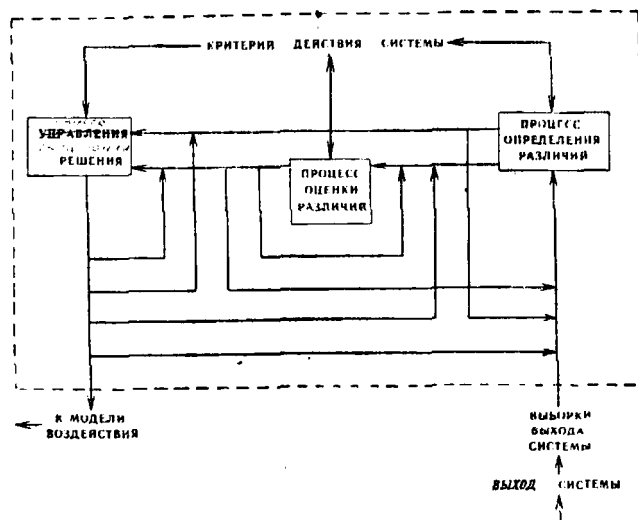
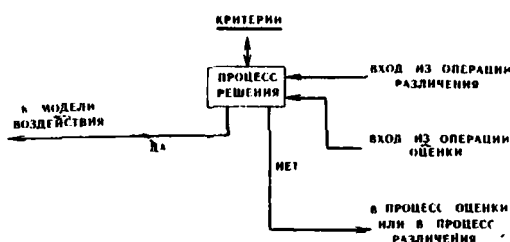


Рис. 3.7.

понято, и критерием, находящимся в модели выхода. Два или более объекта, рассматриваемых с двух или более сторон, могут находиться в большом количестве отношений. Таким образом, процесс определения смысла по своей природе может быть итеративным и может варьировать от одного человеческого процессора к другому. Относительная неоднозначность выхода системы, поступающего в операцию определения различия или критерия действия системы, существенно влияет на успех придания смысла и установления связей при нахождении решения проблемы.

Понятая в результате подпроцедуры оценки различия логичность различия заставляет человеческий процессор соответственно принимать или отвергать выход. Логичность предполагает готовность или способность применять логические выводы методическим образом. Выход, воспринятый как нелогичный, может явиться источником противоречивого или излишнего условия.

Третий элемент проверки соответствия действует от выхода операций определения и оценки различия, а также и от критерия действия системы. Эти входы определяют условие для операции составления **решения, сочлененного с различием**. Данными для этой операции являются: 1) различие между выходом и моделью выхода; 2)

В прогрессивных методах конструирования систем критерий выбирается так, чтобы он мог показывать: 1) правдоподобие ошибки, 2) формы, которые могут принимать ошибки, 3) отличительные признаки ошибки или успеха, 4) относительную величину успеха или ошибки, имеющую размерное выражение.

Результат операции **определения различия** есть величина, которая измеряет степень или вид различия объектов (см. гл. 5, раздел «Выбор альтернатив»). Эта величина вводится без изменений в подпроцедуру оценки и интерпретации. Подпроцедура определения различия действует эффективно, если объекты являются внутренне сравнимыми и если они сравниваются при одинаковом уровне детализации. Соответственно, для обеспечения внутренней согласованности и эффективности решения проблемы свойства объектов должны быть идентичными. Таков первый компонент процесса решения.

Второй элемент процесса решения — это операция оценки различия между выходом и критерием, находящимся в модели выхода. **Оценка различия** есть процесс анализа информации, поступившей из операции определения различия, целью которого является понимание скрытого в этой информации смысла и логичности ее содержания. **Интерпретация** — это процесс определения структуры преходящих связей между выделенными различиями и их влиянием как на существующее, так и на предлагаемое состояние системы.

Процесс интерпретации по своей природе является познавательным. **Познание**¹⁰⁹ есть процесс, с помощью которого узнают, что представляет собой воспринятый вход и его связи с другими объектами. Познанием называется процесс, входом в который является информация о различии. Связи между первыми двумя операциями проверки соответствия могут быть представлены в форме системы (рис. 3.5). Исходы операции оценки различия могут быть неприменимыми или неубедительными, что делает необходимым повторение процесса «определение различия — оценка различия» до тех пор, пока не будет получен удовлетворительный исход, пригодный для последующей обработки.

Оценка различия направлена на понимание того смысла, который содержится в информации. **Смысл**¹¹⁰ выясняется установлением отношения между тем, что

¹⁰⁹ В оригинале: cognition (прим. перев.).

¹¹⁰ В оригинале: sense. Понятие, означаемое здесь словом «смысл», отличается от того, которое придается этому слову в семантике (прим. перев.).

понимание смысла различия и критерий, определяющий предлагаемое или желаемое состояние; 3) выход проверки соответствия, содержащий решение. Выход процедуры составления решения представляет собой компромисс между существующим и предлагаемым состоянием системы (см. гл. 4, раздел «Идея решения проблемы»). Априори утверждается, что средство, с помощью которого изменяется выход системы, может вести к последовательной минимизации различия между ее существующим и предлагаемым состоянием. Для достижения этой цели выделенное различие определяется как свидетельство неправильного функционирования системы. Подпроцедура решения содержит операции, в которых определяются альтернативы средств, позволяющие путем изменений сохранить или улучшить действие системы.

Выработка решения может рассматриваться как процесс, в котором ставятся и однозначные, и расплывчатые вопросы, но в которых ответы могут получать только два значения: «да» или «нет». Как показано на рис. 3.6, приемлемые решения переходят в модель воздействия, в то время как неприемлемые решения возвращаются для итерации в подпроцедуры различения — оценки. Три элемента проверки соответствия, описанные выше, показаны в форме системы на схеме рис. 3.7. Решение, сформированное в ее третьей операции, может либо возвращаться в процесс оценки различия или в процесс определения различия, либо переходить в модель воздействия. Кроме того, оно может итеративно обрабатываться в своей собственной операции, чтобы подтвердить полученное решение или перейти к другой альтернативе критерия.

Действие проверки соответствия можно проиллюстрировать примером системы управления воздушным движением. Система состоит из:

- 1) машинной модели набора планов полетов с указанием пунктов вылета и назначения, маршрутов движения и их протяженности, времени вылета и прибытия;
- 2) фактически выполняемых полетов и графиков полетов;
- 3) фактического и предсказанного состояния погоды;
- 4) системы связи (воздух—земля, земля—воздух, земля—земля) и
- 5) оборудования и устройства системы управления воздушным движением, радиолокационного оборудования и обслуживающего персонала.

		Данные в памяти	Выход системы
Дата	Время	Ваше предсказанное положение	Ваше фактическое положение
Июнь, 4	10 час 20 мин	Шир. 38°49'21" долг. 32°31'20"	Шир. 38°49'31" долг. 32°30'19"
		Р и с. 3.8.	=
Дата	Время	Измененная величина скорости	Новая высота
4 июня	10 час 21 мин	520 мор. миль в час	28 000 футов
		Р и с. 3.9.	

Задача состоит в том, чтобы: а) установить соответствие между самолетами в полете и в плане полетов;

б) определить отклонения фактического движения самолетов от предусмотренного планом полетов; в) определить влияние их относительной своевременности прибытия в терминах сети фактически идущих и ожидаемых полетов.

Самолеты видны на радиолокаторе. Вначале производится идентификация самолетов по их положению. Фактическое движение самолетов сравнивается с планом полета (данные, накопленные в памяти). Результаты сравнения запоминаются и затем

используются для того, чтобы отличить данный полет от других полетов. Чтобы экстраполировать относительное положение самолета и курсы его возможных столкновений с другими самолетами, определяется скорость его движения. Вычисление скорости производится либо преобразованием аналоговой величины в цифровую, либо же визуальной оценкой. Ответ запоминается. Данные из памяти—скорость, направление движения и расстояние, которое должно быть покрыто, — используются для определения с помощью машинной модели времени прибытия самолета данного маршрута в пункт назначения. Для определения возможных высот и курсов используются последние данные о погоде. Затем проверяется их соответствие данным известных планов полетов. Автоматическое исключение или принятие подходящих планов полетов делает возможным контроль летящих самолетов. Для управления движением издаются следующие команды:

- 1) изменить высоту,
- 2) изменить курс,
- 3) изменить скорость.

Эти команды являются входом пилота самолета и выходом обратной связи. Выход обратной связи может принимать следующую форму (рис. 3.8): Этот выход устанавливает достаточное условие, с помощью которого наземный контроль может изменить движение самолета, основываясь на знании предсказанного и фактического положений всех самолетов на его пути. События, ведущие к этому результату, состоят в определении разницы и в оценке связей. Чтобы выполнить требования, содержащиеся в таблице рис. 3.8, передается сообщение (рис. 3.9).

Это сообщение изменяет план полета самолета (вмешивается в него) с целью выполнить условия, установленные наземной системой управления. Данные из памяти, используемые для этого сообщения, и сравниваемый выход системы теперь направляется не только для их регистрации, но и непосредственно для управления движением самолета.

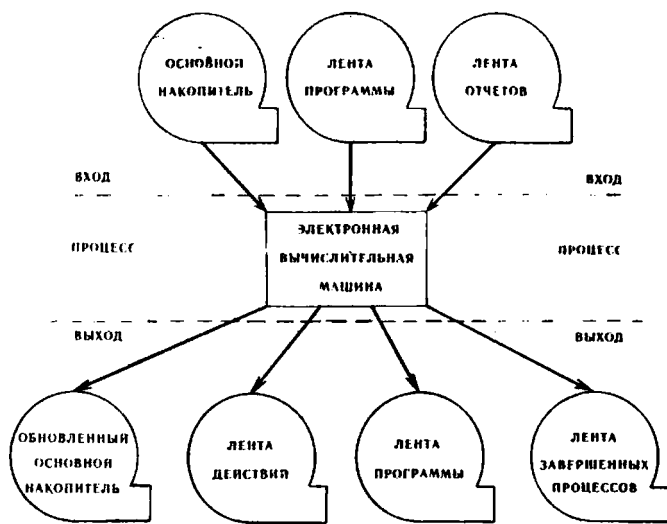


Рис. 3.10.

Если бы в описанной ситуации процессором была вычислительная машина, то вход, описывающий фактический путь полета самолета, был бы назван **отчетными данными**. Накопленные в памяти данные были бы обозначены термином **основной накопитель**. После обновления основного накопителя отчетные данные могут быть перенесены на ленту завершенных процессов для фиксации истории (рис. 3.10). На ленте действий записываются новые входы, которые должны быть сообщены пилоту самолета. Они указывают новые высоты, момент изменения курса и новую воздушную скорость полета. Основной накопитель есть как раз то, что ранее называлось моделью выхода. Он содержит цели, принуждающие связи и критерии, по которым ведется управление полетом (рис. 3.2 и 3.3). Лента отчетов аналогична выборке из выхода системы. Лента программы содержит команды, с помощью которых выполняются определение различия, оценка различия и формулирование решения. Управление в

рассматриваемой системе может обеспечить небольшие отклонения от плана полетов, поскольку в нем учитываются:

1) сложность полной системы, в которой отдельный самолет—только небольшая часть; 2) необходимость обеспечить безопасность полета каждому летящему самолету с помощью средств наземного управления. Общие элементы приведенного примера:

- наличие одной или более моделей выхода, устанавливающих критерии действия системы;
- возможность обработки выхода совместно с моделью выхода;
- итерация выхода и модели выхода для определения различия в степени или виде;
- итерация модели выхода и выделенного различия для оценки смысла и логичности различия;
- итерация модели выхода, выделенного различия и оценки смысла для составления решения, которое априори считается способным устранить выделенное различие.

Модель воздействия

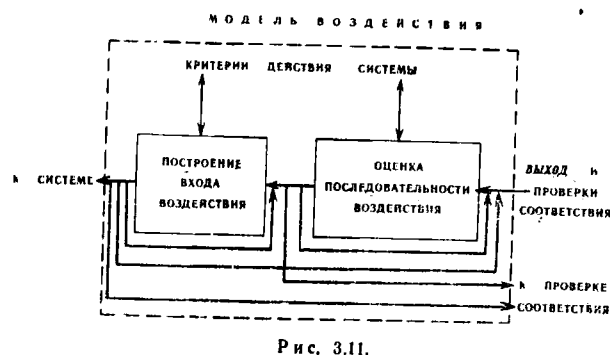


Рис. 3.11.

Постулируется, что вход в модель воздействия поступает от модели выхода и от операции проверки соответствия, а ее выход является входом в подсистему. Элементы модели воздействия показаны на схеме рис. 3.11. Выработка решения проблемы производится операцией проверки соответствия. Модель воздействия определяет последовательность реализации решения и представляет избранный курс действий в форме входа в систему. Решение может изменить характер входа системы, а также видоизменить модель выхода. Однако и процесс, и подсистема управления также могут быть изменены, если стало известно продолжающееся неправильное функционирование системы и

выяснилась невозможность его исправить изменением входа или модели выхода. Различия между человеком и машиной, описанные выше, показывают, что современное оборудование может изменять выход с помощью автоматического адаптивного процесса; однако совершенно ясно, что машина не может переконструировать или изменить структуру своих внутренних компонентов, чтобы устранить неудовлетворительную работу. Только человек способен сделать это.

Прежде чем выход, формируемый операцией проверки соответствия, станет входом в процессор системы, он должен пройти пять итеративных петель обратной связи. Каждая петля представляет обратную связь, контролирующую отдельный параметр процесса воздействия. Эти параметры служат как для того, чтобы оценить, так и для того, чтобы составить предлагаемый курс действий. Оценка представляет собой четырехступенчатый процесс, позволяющий определить, каким образом будет проводиться воздействие. Операция построения воздействия—это работающий механизм, который создает выход, становящийся входом в процессор системы. Выход модели воздействия может возвращаться в операцию проверки соответствия; невозможность воздействия при принуждающих связях, устанавливаемых параметрами воздействия, может сделать необходимым составление нового решения. Обратная связь может быть построена с альтернативами, принимающими значения «да» и «нет». Выбор «нет» может содержать или не содержать информацию относительно причины исключения решения. Выбор «да» должен содержать данные, необходимые для того, чтобы удовлетворить условию.

При определении или проверке параметров воздействия процесс оценки последовательности воздействия может проходить по одному или многим путям итеративных петель. Проверяемыми параметрами являются:

1. Выбор места и времени воздействия на систему.
2. Определение формы воздействия, обеспечивающей сохранение желаемого действия системы.
3. Выбор вероятной степени перебоев в работе системы, вызванных воздействием (конкретный исход воздействия может быть известен или неизвестен).

4. Определение однозначности, смысла, полезности воздействия, а также его значения для обобщений (вероятные или возможные «предосторожности», которые могут содержаться в обратной связи).

5. Определение влияния на действие системы изменения скорости передачи, качества или количества информации (исход воздействия, выраженный в терминах количества той информации, которая является частью обратной связи; достаточная информация может быть недоступна).

6. Действие в ограниченном временном интервале (построение выхода, позволяющего исправить или улучшить действие системы внутри требуемого интервала времени).

Каждый из перечисленных параметров является принуждающей связью процесса решения, выполняемого операцией проверки соответствия. Параметры могут действовать или зависимо друг от друга, или независимо, причем важность каждого из них может варьировать от проблемы к проблеме. Для получения результата каждого из основных процессов модели воздействия (построение выхода и оценка) может потребоваться обратная связь к операции проверки соответствия. Эта обратная связь показана как подсистема на рис. 3.11.

Прежде чем перейти к описанию способа построения воздействующего входа, рассмотрим параметры воздействия.

Выбор места и времени воздействия

Стремление быть свободным от принуждения, свойственное людям, обуславливает одну из характерных трудностей при воздействии. **Принуждение** определяется как действие, оказывающее давление на исполнителя или заставляющее его выполнять другое действие. Люди не всегда разумно реагируют на изменение ситуации. Так как реакция людей может быть различной, внимание должно быть направлено не на принуждение, а на другие средства.

Равное значение для выбора места и времени ставшего необходимым воздействия имеет состояние действующей системы. Если состояние системы приближается к критическому, может не остаться других возможностей помимо вмешательства. Если же имеют место случайные, редкие недостатки работы системы, свобода выбора места и времени воздействия может быть ограничена необходимостью вмешаться в различимой точке отказа. Точку отказа обнаруживают данные, которые находятся в конфликте с моделью выхода этой подсистемы. Первый шаг после выявления точки отказа состоит в том, чтобы идентифицировать подсистему, подлежащую изучению, ее объекты и свойства, а также определить роль людей и машин в формировании выхода. Отсутствие необходимых качеств или неадекватность системы устанавливается с помощью анализа недостатков системы. Причинами недостатков системы могут быть более чем один объект, свойство или связь. Должна быть построена, классифицирована и документирована матрица недостатков¹¹¹. Воздействие может быть направлено на один или более объект следующего перечня:

1. На вход или входы, наиболее близко связанные с недостатками подсистемы.
2. На процесс или процессы, действующие на вход системы.
3. На обратную связь подсистемы.

Воздействие может принимать одну или более из следующих форм:

1. Изменение последовательных связей подсистем.
2. Изменение периода затребования информации.
3. Уменьшение объемов входа, обработки и выхода, снижающее время обработки.

4. Изменение процедуры или метода (меняющее структуру входа, обработки или выхода и, следовательно, меняющее время).

Выбор формы воздействия

Модель выхода содержит предсказанные оценки, которые определяют состояние системы в данной точке времени при данном уровне затрат или при данном уровне характеристик. Например, количественная модель выхода, описывающая траекторию управляемого снаряда, может обусловить его точное положение (место, направление и скорость) в каждую секунду запланированного полета. Воздействие в этом случае должно быть согласовано по масштабу и структуре с входом обратной связи, а также с ее обрабатывающим устройством и программой.

Выбор носителя воздействия, формируемого обратной связью, в широком диапазоне деловых проблем диктуется организациями и используемыми ими процедурами. Форма воздействия (в отличие от примера со снарядом) может меняться от расплывчатой до однозначной. Воздействие при решении качественных проблем, скорее, может принимать форму воздействия на лиц, чем безличную форму, и чаще выполняемую людьми, чем механизированную или автоматическую. Успех воздействия, предпринимаемого при решении немашинных проблем, зависит от того, насколько учитывается, что действие системы в этом случае определяется человеческой деятельностью. Без вмешательства, осуществляемого людьми, управление с помощью обратной связи не может быть введено в действие.

Влияние воздействия на работу системы

Следует различать рутинное и нерутинное воздействие. Рутинное воздействие является частью действия системы, предусмотренной при ее конструировании. Отсутствие, а не наличие рутинного воздействия, в отличие от нерутинного, может быть причиной недостатков системы. Программированное управление согласовано и синхронно с действием системы. Можно ожидать, что интуитивное воздействие приведет к относительно меньшей согласованности и меньшей синхронности действий.

Нерутинное воздействие может широко варьировать в своем содержании и охвате системы в зависимости от системы. Оно может получаться как результат случайных событий, часть которых непредсказуема. События, являющиеся причиной нерутинного воздействия, могут лежать вне системы, хотя при этом полная система и ее объекты, свойства и связи могут быть хорошо известны. Когда возникает вероятность нерутинного воздействия,

¹¹¹ Будучи выражены в графической форме, отношения, описываемые этой матрицей, образуют так называемое «дерево дефектов» (прим. перев.).

появляется тенденция к увеличению риска. В этих условиях исходы трудно предсказать с высокой надежностью. Проблемы материально-технического снабжения часто должны решаться компромиссом между конструированием системы и риском, вызываемым случайным входом. Риск, возникающий при воздействии, может быть минимизирован исследованием проблемы с помощью ее модели. Действие модели проблемы, использующее как относительные, так и абсолютные оценки, помогает исключить нелогичные формы воздействия, которые не улучшают характеристик системы. При изучении качественных проблем должен быть введен диапазон оценок. Для каждой оценки желательно иметь значение вероятности. В гл. 5 рассматриваются альтернативы и риск, а также их функциональное и операционное влияние на конструирование системы.

Содержание воздействия и обратная связь

Прямым результатом воздействия является сохранение или улучшение действия системы. Изменения в характеристиках системы непосредственно связаны с темпом, четкостью, смыслом и полезностью воздействия. Акт воздействия может также оказать большую помощь при оценке состояния системы. С этой точки зрения подсистема обратной связи в целом может рассматриваться как средство получения предупреждений. Внутренне присущая системам опасность отказов является условием действия системы: Устройством, воспринимающим отказы системы, является подсистема обратной связи. Ее способность воспринимать зависит от модели выхода и проверки соответствия, которые определяют относительное различие между действительным и предсказанным результатом. Первым требованием к содержанию обратной связи является ее понятность. **Понятность** есть качество быть точно и ясно понимаемым.

Длина записи, ее структура, построение алфавитно-цифровых знаков, составляющих запись, коды и знаки пунктуации, применяемые в ней, и число записей являются первичными характеристиками содержания обратной связи. Состояние системы может быть определено в общих чертах или конкретно, если дан результат операции проверки соответствия. Степень соответствия критериям может быть использована как мера эффективности системы. Вообще, близкое соответствие критериям указывает, что система действует в предсказанном состоянии; несоответствие указывает на обратное. Содержание обратной связи не определяет причин несоответствия критерию, а указывает только на преобладание определенного состояния системы.

Содержание обратной связи, формируемой людьми, часто избыточно, противоречиво или недостаточно для того, чтобы устанавливать корректирующие действия. Если выявляется очевидный недостаток системы, люди обычно исследуют, что является его причиной. Люди вообще стремятся искать более глубокие причины недостатков систем. Машины, в противоположность этому, не способны делать свой собственный ремонт (сегодня) и могут, если они располагают адаптивной способностью, только изменять свою программу, чтобы приспособиться к непредвиденным условиям. Человек может поддерживать действие, системы, проводя корректирующие действия, причем у него в резерве всегда находится возможность провести фундаментальное изменение, чтобы избежать постоянных недостатков системы. В подсистемах с высокой степенью специализации причину недостатка определить сравнительно легко.

Воздействие в ограниченном интервале времени

Постулируется, что все системы действуют в ограниченном интервале времени. Соотношение величины выхода системы и величины входа в подсистему обратной связи должно быть сбалансировано. При недостаточной обратной связи будет получаться меньше данных, чем требуется для того, чтобы сохранить или улучшить действие системы, это может поставить под угрозу достижение цели. Если обратная связь слишком велика, то это может увеличить затраты, породить излишества и поставить под угрозу действие системы, вызывая ее неуправляемый рост. Существует точка (порог), при переходе через которую состояние системы может стать критическим. Это получается, когда величина обратной связи неуправляемо растет или, наоборот, исчезает. В каждом крайнем случае система может прекратить свое действие.

При воздействии на те системы, в которых преобладают качественные элементы, выбор подходящего момента воздействия может иметь решающее значение, однако может не оказаться средств для строгого определения этого момента. Учитывая, что люди не действуют так, как машины, системы обычно конструируют таким образом, чтобы они допускали широкие отклонения. Если система требует однообразного и относительно частого обновления, человек может обратиться к машине для выполнения этой функции. Есть, однако, много классов систем с временными ограничениями, которые человек применяет, не используя машины с их преимуществами. К ним относятся системы личности, ручные, а также системы с неповторяющимися процессами.

Вообще, обратная связь между лицами происходит с большей скоростью, чем обратная связь между группами и лицами (или лицами и группами). При налаживании связи от групп к лицам могут возникать трудности в определении авторитетной фигуры в группе или же можно столкнуться с очевидным разногласием внутри группы относительно ее авторитетного лица. Конфликты, существующие внутри группы, могут быть обнаружены в обратной связи, хотя конфликты вообще могут замедлять процесс обратной связи. Особенно большие замедления возникают при интерпретации содержания сообщения, применении критерия и проверке соответствия. Группа может быть также неспособна ограничиться только одним сообщением, а может создавать много сообщений. Если эти сообщения находятся в конфликте, подсистема обратной связи будет действовать на основе противоречивых данных; в результате полезное изменение выхода может получиться только случайно.

Обратная связь от лица к группе также чревата опасностями. У группы, воспринявшей сообщение, может не быть на него однородной реакции, несмотря на то, что само сообщение может быть совершенно ясным. В этом случае связанные независимые последовательные действия членов группы будут противоречивыми и, возможно, недостаточными для улучшения действия системы. Группы могут избежать этой проблемы путем назначения единственного лица для «фильтрации» сигналов обратной связи. Возможны также две альтернативы: во-первых, обойти группу и получить вход в системный процесс помимо нее; во-вторых, присоединить сигнал к некоторым

общепринятым рутинным действиям. Если группа понимает эти рутинные действия, то она может оказаться способной создавать в ограниченном интервале времени объединенный ответ с большей эффективностью.

В системах, в которых преобладают машины, человек—в той степени, в какой он используется в петле обратной связи,—возбуждается машинным выходом. Вообще, в этом случае машина использует человека при определенных машиной временных ограничениях.

Обратная связь между лицами может принимать письменную или устную форму. Письменная форма может быть более ясна, но может быть недостаточна, чтобы сделать сообщение понятным. Устные формы могут быть четкими, если выбор сводится к «да—нет», «включено—выключено» или «открыто—закрыто». В этих случаях каждый выбор достаточен, чтобы возбудить сигнал, который будет удовлетворять требованиям обратной связи. При таких условиях могут быть использованы кодовые слова. Однако незнакомые слова, туманные выражения или неправильно употребляемые или применяемые слова в письменной или устной форме затрудняют обратную связь. Эти ситуации требуют избыточного входа, из которого воспринимающее устройство может, в конце концов, получить сообщение, обеспечивающее работу модели выхода (см. раздел «Трудности с данными», гл. 1).

Примеры воздействия

Известный пример действия обратной связи—неожиданный маневр с целью избежать столкновения, выполняемый летчиком путем своевременного воздействия на работу автопилота. Хотя в рассматриваемой здесь человеко-машинной системе машина преобладает, в ней предусмотрена возможность вмешательства летчика, который при неожиданно возникшей ситуации может пользоваться визуальным контролем полета.

Другой пример воздействия поясняет, каким образом обратная связь может косвенно обусловить недостатки системы. Пусть цель заключается в том, чтобы сохранить или улучшить действие системы, а принуждающая связь состоит в выполнении требования проводить проверку выхода каждые 20 сек. Недостаточное получение входа для этой проверки или недостатки подсистемы обратной связи, не позволяющие ей работать от этого входа внутри ограниченного интервала времени, делают действие системы бесконтрольным в течение длительного периода. При этом коррекция, проводимая реже ограничения в 20 сек, может быть недостаточной, чтобы в необходимой степени изменить действие системы, и последующий выход будет введен в ситуации с возрастающей ошибкой.

Еще один пример воздействия. Система управления материально-техническим снабжением дает заниженные сведения по сравнению с реальным положением вещей. Перед специалистом по анализу системы ставится задача определить причину заниженных сведений. Принуждающие связи, принимаемые им, состоят в том, чтобы, не изменяя системы, показать, что изменение (вмешательство), которое он предложит, должно устранить существующий недостаток. Критерием является величина нехватки (отрицательный баланс), которую он сможет устранить в постоянной работе системы. Исследование показывает, что передача сырых материалов между подразделениями не регистрируется в них; она регистрируется только как возврат. Если возврат происходит тогда, когда запасы близки к нулю, запаздывание в регистрации моментов прихода и расхода порождает отрицательный баланс. Отрицательный баланс равен количеству обратно затребованных материалов при возвратах.

Специалист может также установить, что нет связи передачи материалов между подразделениями с составлением заявок на закупки. Это позволяет отделам приводить уровни запасов на их складах к нормальным. Ожидается, что подразделения будут перемещать одолженный материал. Недостаток в возврате материалов также приводит к отрицательному балансу.

Используя фактические данные системы управления запасами, специалист устанавливает, что обнаруженные им недостатки отражаются в форме нехватки материалов в подсистеме обратной связи. Он рекомендует уменьшить величину обратной связи от отрицательного баланса путем вмешательства в идущий в существующей форме процесс передачи между отделами и предлагает измененные процедуры. Он предлагает регистрировать возврат немедленно по его получению и одновременно оформлять требования для перемещения материалов. Дополнительно он советует, чтобы одалживание между подразделениями выражалось в долларах (а не в единицах материалов) каждые 30 дней.

Общими элементами предыдущих примеров воздействия являются:

- наличие одной или более моделей выхода, которые устанавливают критерии для действия системы;
- наличие входа от проверки соответствия;
- итерация и оценка рассматриваемых альтернатив воздействия;
- итерация и построение выхода воздействия.

Системный анализ ранее мы определили как средство для нахождения решений проблем делового мира. Теперь **системный анализ** можно определить как формальное рассмотрение альтернативных конструкций системы. **Формальное рассмотрение** основывается на методе системного анализа¹¹². Системный анализ обеспечивает объективную трактовку проблемы для достаточно сложных проблем. Системный анализ основан на идеях и принципах, полученных из знания того, что такое системы и как они действуют. Существо системного метода состоит в том, что он может быть объяснен и экспериментально повторен. Решение проблемы является существенно эвристическим, но в контексте системного анализа оно поддерживается системными понятиями и в конце концов может вылиться в методологию.

В основе системного анализа лежит гипотеза, состоящая в том, что процесс решения проблемы может быть улучшен с помощью метода, который использует преимущества управления с помощью обратной связи. Обратная связь означает более или менее формальное применение результатов действия и политики с целью регулирования хода дел. Обратная связь приводит к результатам, если выход сравнивается с критериями для того, чтобы сохранить или улучшить деловые процессы. Таким образом, о системах можно думать как о процессах или действиях, необходимых для достижения целей предприятия. Деловые процессы могут быть как с преобладанием людей, так и с

¹¹² Т. е. на той структуре, которая априори устанавливается .системной методологией, описанной в гл. 2 (прим. перев.).

преобладанием машин. Чаще всего процессы описываются как человеко-машинные, поскольку обе компоненты объединяются для достижения конкретных задач. Необходимым предварительным условием для конструирования систем с обратной связью является определение структуры полной системы. Исследователь, использующий эту ориентацию, может полагать, что сложные явления делового мира представляют собой существенно простые явления с множеством обратных связей.

Управление решением проблем

Для специалиста по анализу систем большой интерес представляют характеристики стратегии или процесса принятия решения. Он стремится найти такие решения, которые имеют наибольшую ценность при наименьшем риске. Для этого он может наслаивать элементы решения, исключая те, которые имеют низкую ценность и высокий риск. В этой главе рассматривается итеративный процесс, который делает этот отбор возможным.

Прежде мы определяли содержание управления с помощью обратной связи в терминах системных объектов, свойств и связей. Определениям была придана операционная форма¹¹³ и были даны примеры их конкретного применения. Были также рассмотрены функциональные элементы системы. Функциональные связи устанавливают способ, которым объекты системы, находясь в определенном отношении друг к другу, обеспечивают достижение конечного результата.

Теперь мы рассмотрим те функциональные связи, которые возникают в процессе решения проблемы¹¹⁴. Постулируется, что эти связи существуют одновременно с описанными ранее операционными и функциональными связями системы¹¹⁵. Рассмотрение процесса решения проблемы привлекает внимание к последовательности действий, необходимых для решения. Эти последовательности, как и определения систем, указывают простой набор операций, внутренне присущих процессу решения проблемы.

Идея решения проблемы

Проблема

Проблема определяется как ситуация, в которой есть два состояния: одно называется существующим, а другое — предлагаемым. **Существующее состояние** представляется существующей системой; **предлагаемое состояние** представляется гипотетической (желательной) или предлагаемой системой. В каждом состоянии есть набор объектов, свойств и связей, объединенных в процессе. Каждое состояние может быть описано как система. Чтобы перейти от существующего состояния к предлагаемому, существующий набор объектов, свойств и связей должен быть изменен. Изменение в объектах может означать изменение части оборудования, а не групп персонала; изменение в свойствах может принимать форму увеличения количества персонала; изменение в связях может указывать на новое распределение ответственности.

Проблема характеризуется содержащимся в ней неизвестным и условием. Может быть одна или много областей неизвестного. Неизвестное может быть определимо качественно, а не количественно. Количественной характеристикой может служить диапазон оценок, представляющих предполагаемое состояние неизвестного. Классически **неизвестные** есть количества, подлежащие нахождению. Поэтому определение одного неизвестного в терминах другого может быть противоречивым или избыточным. Неизвестные могут быть выражены только в терминах известного, т. е. такого, объекты, свойства и связи которого установлены. **Известное** определяется как количество, значение которого установлено.

Существующее состояние (существующая система) может содержать и известное, и неизвестное; это означает, что существование неизвестного может не препятствовать способности системы функционировать. Существующая система, по определению, логична, но может не удовлетворять ограничению. Таким образом, действие системы само по себе не является конечным критерием хорошего, так как некоторые идеально работающие системы могут не



Рис. 4.1.

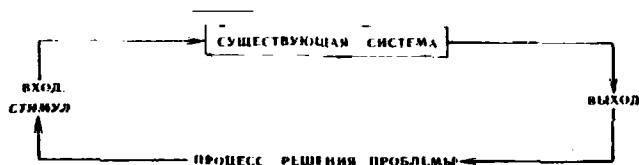
обеспечивать достижение целей. Определение целей может быть дано только в терминах требований к системе. Требования к системам устанавливаются с помощью условия, которое определяет объекты и свойства в надлежащих связях. Все эти элементы показаны на схеме рис. 4.1. Условие, требования к системе и цели фиксируются покупателем системы. Условие

выражает существующее состояние. Например, условие может быть установлено в терминах долларов на каждый период прибыли или потерь, в процентах на каждый период продажи акций или в процентах дохода на вложенный капитал. Условие является основанием для последующих решений относительно содержания требований к системе. Требования к системе варьируют в зависимости от условия. Например, если продажа акций меньше, чем ожидалось, или, если тенденция продаж акций (и другие данные) указывают, что будущая прибыль была преувеличена и в

¹¹³ Дать любой вещи или понятию операционное определение значит определить ее как процесс (т. е. как систему), поддающийся экспериментальному изучению или измерению. Операциональные определения играют важную роль в современной науке. Использование операциональных определений на уровне философских категорий приводит к операционализму — течению буржуазной философии, объединяющему черты логического позитивизма и прагматизма (прим. перев.).

¹¹⁴ Имеются в виду связи объектов той системы, которая создает систему, решающую проблему. В отечественной литературе и у Опгнера нет специального термина для обозначения системы, порождающей систему. Следуя Вернадскому, который использовал термин «техногенез», можно было бы предложить термины «техногенама» для технических систем или просто «генама» для систем любой природы (прим. перев.).

¹¹⁵ Имеются в виду связи объектов той системы, которая создает систему, решающую проблему. В отечественной литературе и у Опгнера нет специального термина для обозначения системы, порождающей систему. Следуя Вернадскому, который использовал термин «техногенез», можно было бы предложить термины «техногенама» для технических систем или просто «генама» для систем любой природы (прим. перев.).



Р и с. 4.2.

объектов, свойств и связей, цели могут быть определены в терминах желаемого состояния. Цели и желаемое состояние для данного набора требований к системе могут полностью совпадать. Если они различны, то говорят, что требования представляют желаемую систему. Вообще, цели отождествляются с желаемой системой.

Промежуток между существующей и желаемой системой образует то, что называется проблемой. Цель действий состоит в том, чтобы свести к минимуму промежуток между существующей и предлагаемой системой. Сохранение или улучшение действия системы отождествляется с промежутком между существующим и желаемым состоянием. **Сохранение существующего состояния** определяется как способность удерживать выход системы в предписанных пределах. **Улучшение состояния системы** определяется как способность получить выход выше или помимо того, который получается при существующем состоянии. Время или стоимость заполнения промежутка могут превосходить границы, приемлемые для покупателя системы. В этом случае используемые средства заполнения промежутка могут быть определены заново принятием нового ограничения (цели и принуждающих связей).

Решение

Решение устанавливает, каким образом будет заполнен промежуток между существующим и желаемым состоянием. **Решение**, таким образом, есть заполнение между существующим и желаемым состоянием, выполняющее преобразование одного состояния в другое. Решение описывает различие, существующее между двумя состояниями, в терминах объектов, свойств и связей. Оно, далее, определяет способ, которым должно быть введено заполнение, чтобы получить предлагаемое состояние. Решение реализуется посредством управления с помощью обратной связи, состоящего, как это было описано, из модели выхода, проверки соответствия и модели воздействия.

Решение проблемы выполняется с помощью процесса обучения. **Обучение** определяется как познавательное действие, являющееся результатом стимулов (см. гл. 3, раздел «Операция проверки соответствия»). **Познание** есть широкий диапазон интеллектуальных актов, одним из которых является распознавание настоящих или будущих образов¹¹⁶. **Распознавание** достигается посредством применения критерия к выходу. Познание является одной из основных функций, выполнение которых необходимо при заполнении промежутка между существующей и желаемой системой. Другие функции, выполняемые при обучении: формулирование средства, с помощью которого производится преобразование одного состояния системы в другое, а также формулирование идеи, которая априори указывает, каким образом может быть получено желаемое состояние с помощью изменений в существующих объектах, свойствах и связях.

Стимул, который возбуждает существующую систему, есть -вход. Подсистема обратной связи содержит модель желаемого состояния. Эта модель порождает воздействие, заполняющее промежуток и, тем самым, сохраняющее действие системы в предписанных пределах. Управление с помощью обратной связи является средством, при применении которого существующее состояние выхода преобразуется в желаемое состояние выхода. Этот процесс, показанный схематически на рис. 4.2, есть процесс решения проблемы.

Общими элементами управления с помощью обратной связи, выраженными в терминах процесса решения проблемы, являются:

- перестройка объектов, свойств и связей существующей системы;
- преобразование выхода системы во вход для цели регулировки модели выхода и критериев действия системы;
- воздействие на идущий процесс с целью сохранения или улучшения действия системы;
- обучение и познание, которые *априори* позволяют различать существующее и желаемое состояние.

От проблемы к решению

перспективе могут возникнуть потери, руководство может изменить требования к системе. Новые требования к системе могут предусматривать уменьшение персонала, оборудования, устройств и т. д.

Требования к системе есть средство фиксации однозначных утверждений, определяющих цель. Хотя требования к системам устанавливаются в терминах

¹¹⁶ Теория распознавания образов становится в настоящее время обширной дисциплиной, концентрирующей в себе многие элементы теории познания. См., например: Бонгард М. М. Проблема узнавания. Изд-во «Наука», 1967 (прим. перев.).

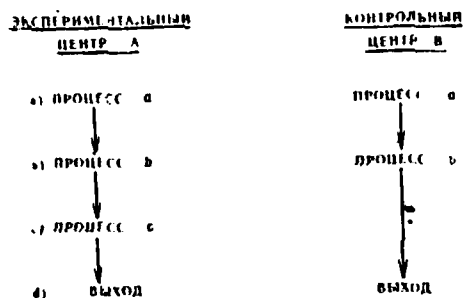


Рис. 4.4.

Рассмотрим теперь содержание процессов решения проблемы. Обучение представляет собой итеративный процесс с широко варьирующей эффективностью. Содержание процесса показано схематически на рис. 4.3. Важнейшими элементами этого процесса являются четыре точки решения (указаны на схеме ромбами), в которых используются следующие критерии решения.

1. Может ли быть решена полная проблема?
2. Является ли предлагаемое решение возможным полным решением?
3. Убедительно ли показывают результаты проверки возможность полного решения?
4. Подтверждают ли результаты проверки полное решение?

Решение, формируемое в третьей точке, может рассматриваться как выбор, следующий за результатом решения

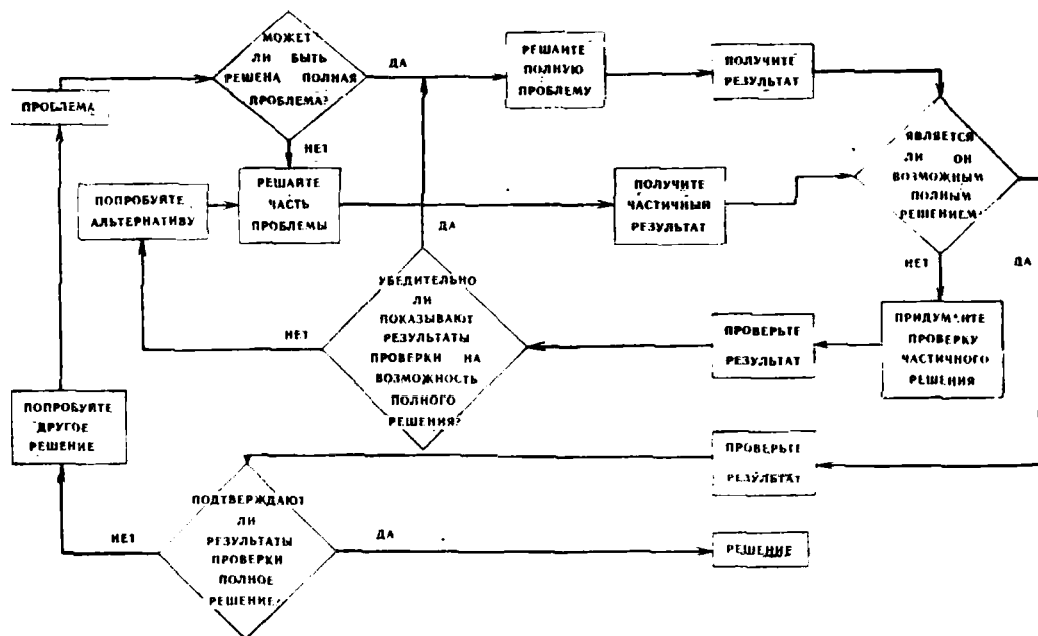


Рис. 4.3.

во второй точке, могущим принимать значения «да» или «нет». Хотя частичное решение является полезным, предполагается, что полное решение более желательно, так как частичное решение может быть нежизненным.

Каждая точка решения есть подсистема управления с помощью обратной связи, состоящая из компонент, постулированных в гл. 3. Результат действия системы есть выход, который вводится в процесс управления. Нарушение последовательности в нахождении частичного и полного решений может

стать причиной того, что частичное, но удовлетворительное, решение будет потеряно. Чтобы гарантировать согласие между частичным и полным решением, критерии должны быть непротиворечивыми. Каждая точка решения принадлежит ветви итеративного процесса обработки данных проблемы, обращающихся по его последовательным этапам.

Результат решения в каждой точке может иметь два значения, определяющих дальнейший ход исследования. Процесс в первой точке решения преобразует проблему в ответ, который может иметь одно из двух значений:

- проведите проверку частичного решения (результат которой, в свою очередь, может—или не может—указать на возможность полного решения) или же проведите проверку полного решения. Каждая из этих проверок может давать или положительные или отрицательные ответы. Если полное решение невозможно, ветвь с отрицательным ответом ведет к альтернативному решению;
- ветвь с положительным ответом открывает путь для атаки на полную проблему. При проверке полного решения сторона с отрицательным ответом указывает на необходимость новых гипотез и повторной попытки решения проблемы. На стороне с положительным ответом решение является «конечным», хотя здесь могут проводиться последующие действия.

Проверка частичного или полного решения возникает как одно из требований процесса решения проблемы. Такие проверки конструируются для измерения степени соответствия полученного решения ожидаемому решению.

Сущность проверки соответствия помогает понять рассматриваемая в следующем разделе идея управляемого эксперимента.

Управляемый эксперимент

Эксперимент называется управляемым, если критерий, измеряющий результаты действия системы, делается неизменным. Процедуре управляемого эксперимента придается структура, обеспечивающая получение контрольных данных в тех же условиях, в каких получают и экспериментальные данные. Однако экспериментальные выборки трактуются различно в зависимости от выполнения какой-либо одной части условия. Это предоставляет экспериментатору возможность собрать все экспериментальные и контрольные данные и сравнить их.

Экспериментатор узнает нечто о природе неизвестного путем наблюдения различия между этими двумя выборками. Полученный таким образом контроль над неизвестным основан на способности выражать экспериментальные данные в терминах влияния неизвестного на процесс. Например, на рис. 4.4 новый процесс с добавляется к существующим процессам а и б. Их выход б. может быть тем же самым или другим. Их различие

объясняется с помощью нового процесса ($a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$), который выполняется одновременно с исходным процессом ($a \rightarrow b \rightarrow d$) — см. рис. 4.4.

Поскольку все объекты, свойства и связи обеих систем, кроме дополнительного процесса c , неизменны, экспериментатор с помощью анализа выхода может извлечь нечто о влиянии этого процесса. Таким образом, проверка выхода d может полностью или частично зависеть от способности: 1) проводить одновременную проверку двух процессов; 2) обеспечить действие контроля и 3) описать содержание процесса c с такой точностью, которая позволяет адекватно отнести его к выходу d .

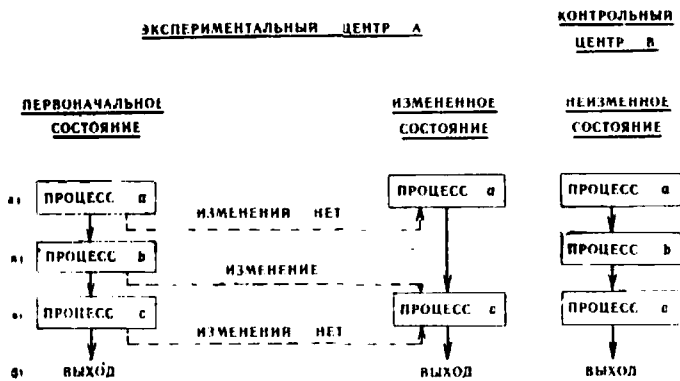


Рис. 4.5.

Используя этот же способ, проверку можно представить как такое конструирование системы, которое исключает объект и его свойства и устанавливает новую связь. Схема, поясняющая это, показана на рис. 4.5. С помощью этого эксперимента должен быть разрешен вопрос, состоящий в том, может ли экспериментальный центр А адекватно функционировать без процесса b . Это должно быть определено с помощью систематического исключения процесса b при сохранении параллельной работы центров и условий их работы. Сравнение результатов обоих действий позволяет сделать вывод о влиянии исключения процесса b .

Процессы b и c должны выполняться с помощью видоизмененного процесса c , называемого $c1$. Таким образом, процессы c и $c1$ не являются обязательно одними и теми же, а могут быть различными. Поддерживая неизменным контрольный центр В, мы наблюдаем разницу, образующуюся при исключении процесса b в экспериментальном центре А. Если это не сделано, то не будет средства определить, как экспериментальный центр мог функционировать при условии c , а не при условии $c1$. Контрольный центр создает эту благоприятную возможность.

Критерии, позволяющие судить о решении проблемы

Следующие критерии позволяют судить об адекватности решения.

1. Решение должно определять действие: как показано в додеке воздействия, чтобы изменить характеристики системы, требуется определенный вход.
2. Решение должно быть выражено в терминах проблемы и получено из проблемы: должно быть видно, что решение является результатом систематического проведения частичного или полного анализа проблемы.
3. Решение должно приближаться по мере или степени к проблеме, которой оно адресовано: проблемы и решения рассматриваются как различные состояния одной и той же системы, отличающиеся в степени, вообще говоря, без изменений в ограничении; изменения в виде могут сопровождаться изменениями в ограничении.
4. Решение должно быть пропорционально по своему размеру проблеме и иметь сложность не большую, чем сама проблема: решения должны быть необходимыми и достаточными, иметь минимум избыточности и не содержать противоречий. Из этого критерия выведены следующие предложения:

Если условие достаточно, можно предложить две системные гипотезы.

Гипотеза 1. Все входы являются необходимыми для получения всех выходов.

Гипотеза 2. Все входы являются необходимыми для получения одного или более, но не всех выходов.

Если условие избыточно, могут быть установлены такие системные гипотезы:

Гипотеза 3. Все входы не являются необходимыми, чтобы получить один или более выходов.

Гипотеза 4. Один или более входов не являются необходимыми, чтобы получить один или более выходов. Если условие противоречиво, могут быть установлены следующие две гипотезы:

Гипотеза 5. Чтобы произвести один из выходов, не требуется входа.

Гипотеза 6. Чтобы произвести один или более выходов, необязательно иметь один или более входов.

5. Частичное, решение должно быть согласовано с полным решением: противоречие с частями проблемы не позволит образовать жизненное решение.

6. Для каждого частичного или полного решения должны быть проведены проверка жизненности и проверка предпочтения: проверка жизненности является последним арбитром принятия или исключения решения; проверка предпочтения с помощью критериев эффективности, времени или стоимости должна быть применена как мера сравнения.

Перечисленные шесть критериев могут применяться к непроверенным решениям, к проверенным решениям, к проверке решения и к проблеме, которая порождает деятельность по ее решению. Можно полагать, что недостатки в решении проблем возникают по следующим основным причинам:

1. Неадекватность инструмента, применяемого при решении проблемы.
2. Недостаток точности в процессе решения.
3. Увеличивающееся появление новых проблем, необходимо требующих решения до решения данной проблемы.

4. Неспособность иметь дело с проблемой в некотором конкретном смысле.

Эти причины не всегда могут быть определены тем, кто решает проблему. Неспособность определить причину недостатков решения проблемы может вести к продолжающемуся росту материальных потерь и невозможным

потерям времени. В некоторых случаях она может также вести к потере потенциально ценных целей или целей, ценных в данный момент.

Этапы процесса решения проблемы

На схеме рис. 4.3 показана связь основных этапов решения проблемы. Эти этапы могут быть описаны детально, чтобы представить частные элементы, которые могут возникнуть при решении проблемы.

1. Сформулируйте проблему:

- а) фиксируйте цель и принуждающие связи;
- б) установите условие;
- в) установите границы и подлежащие оценке альтернативы;
- г) установите согласованные критерии;
- д) там, где необходимо, обусловьте предположения;
- е) определите природу риска.

2. Принимайтесь за проблему:

- а) определите процессы;
- б) соберите данные, описывающие проблему;
- в) сконструируйте метод работы с проблемой и данными проблемы;
- г) работайте с проблемой и данными проблемы;
- д) получите частичное и опытное полное решения;
- е) проверьте прежние решения.

3. Решайте проблему:

- а) интерпретируйте результаты проверки;
- б) проведите итерацию, начиная с п. 1а или с того пункта, с которого необходимо;
- в) начните идентификацию величин, которые должны возрасти;
- г) начните аттестацию качества предлагаемого решения в терминах лучшего решения;
- д) выберите решение и план его реализации;
- е) если можно, внедрите решение как опытное;
- ж) оцените результаты внедрения;
- з) откорректируйте решение;
- и) внедрите откорректированное решение.

Из перечня видно, что между «решениями», упоминаемыми в нем, есть разница. Относительно п. 2д экспериментатор может заявить, что это решение специального типа: частное или опытное. В п. 3д) или следующих может появиться правильное решение. Различие между этими двумя решениями состоит в степени их согласования с проблемой реального мира. Внедрение неизменно является одной из критических проверок решений, без которых решение может быть только опытным. Если опытная реализация решения невозможна, проведение проверок решений должно играть более важную роль.

Время, потребное для решения проблемы, в приведенном перечне этапов решения проблемы не указано.

Назначать продолжительность процесса полного решения проблемы невозможно. Однако полезно представлять себе относительное количество времени, которое должно быть израсходовано на каждую крупную область решения проблемы. Потребное для каждой области время широко варьирует в зависимости от размеров данной проблемы. Однако, вообще, продолжительность первых двух фаз может превосходить продолжительность третьей фазы приблизительно на 100% (конечно, не включая шаг 3и).

Формулирование проблемы

Успешное формулирование проблемы может быть равносильно «половине» решения проблемы. Поэтому специалист по анализу системы уделяет особое внимание возможно более ранней оценке параметров, свойств и связей данной проблемы. Не всегда возможно внести в проблему «готовые» цели; например, высказанные кем-либо цели могут оказаться недостаточными. Более того, специалист по анализу систем может принять предложенную ему цель, только обнаружив в результате формулирования проблемы отсутствие в ней избыточности или противоречивости. «Наполовину решенная» в результате формулирования проблема не есть действительно решенная проблема, но ее формулирование означает, что основные элементы проблемы надлежащим образом определены и связаны.

Формулирование проблемы называется также ее **определением**. Цель формулирования проблемы состоит в том, чтобы установить сущность проблемы в известных терминах, а не в терминах, которые неизвестны. Например, поставлена задача: уменьшить вполтину стоимость обработки данных на электронном оборудовании. Специалист по анализу систем должен вначале рассмотреть каждый аспект исходной формулировки проблемы, чтобы определить те части проблемы, которые известны, и другие части, которые неизвестны. «Снижение стоимости» означает совершенно разные вещи для руководителей разных отделов: одни из них могут снижать стоимость путем уменьшения перерасходов времени в устройствах вычислительной машины; другие могут стремиться уменьшить комплект оборудования; третьи могут интересоваться упрощением сложной системы обработки данных; четвертые могут желать заменить стоимость машины расходами на персонал. Здесь перечислено только четыре мнения; на практике могут существовать буквально сотни возможных выборов.

Содержание понятия «стоимость обработки данных на электронной вычислительной машине» также является туманным. Затраты в вычислительном центре как раз могут быть небольшими. Наоборот, огромные затраты на обработку данных могут быть в организациях, создающих вход, на основе которого работает вычислительный центр. Приказ «снизить стоимость обработки данных» не определяет, какую именно стоимость надо снижать. Специалист по анализу системы может предположить, например, что имелась в виду только стоимость оборудования. Но что значит «оборудование»? Кроме оборудования, составляющего устройство вычислительной машины, может также

использоваться обрабатывающее данные оборудование в отделах компании. Кроме того, стоимость оборудования может представлять собой только часть полной стоимости. В полную стоимость входит стоимость персонала, помещения, энергии, кондиционирования воздуха, аренды, снабжения, мебели и приспособлений в устройствах машины.

Первоначальные операции по формулированию проблемы имеют целью: 1) составление исходной формулировки проблемы; 2) осмысление этой формулировки по отношению к различным частям проблемы; 3) осмысление фактов, которые касаются проблемы и 4) общее уточнение исходной формулировки проблемы. При первоначальных исследованиях, разделяя то, что известно и что неизвестно, стремятся сделать осмысленной исходную формулировку проблемы.

Зеркальное отражение формулирования проблемы есть выработка определения цели. Термин **цель** используется для того, чтобы описать результат, подлежащий достижению. Цель может принимать форму, которая обуславливает достижение максимума (или минимума), величина которого еще должна быть определена, или же форму задания диапазона значений, внутри которого должно лежать решение. Во всех случаях цель является желаемым результатом деятельности.

Не следует путать цели и принуждающие связи. Например, библиотека объявила о программе улучшения библиотечной работы; это широкая цель. **Принуждающие связи** есть условия, которые ограничивают и описывают, как цель должна быть достигнута. Может быть выбрана возможность, состоящая в автоматизации обращения книг библиотеки. Другие возможности могут состоять в том, чтобы улучшить методы каталогизации, выписывания требований или регистрации новых клиентов. Принуждающие связи являются измерениями цели. Их действие ограничивает проблему или вводит проблему в границы.

Комбинация целей, устанавливающих курс, и принуждающих связей, ограничивающих цели, образует ограничение, при котором начинается изучение проблемы. **Ограничение** есть сумма правил, установлений и выдвинутых лично или извне руководящих принципов, определяющих границу проблемы. Каждая проблема должна иметь определенное ограничение. Совместимость цели и принуждающих связей существенна. Без согласия относительно ограничений невероятно, чтобы было согласие относительно решений. Бессмысленно говорить о «решении», если заинтересованные в ситуации группы лиц не способны прийти к согласию относительно проблемы или ограничения.

Когда специалист по анализу систем устанавливает **условие проблемы**, он ставит пределы исследованию проблемы и, следовательно, **границы ограничения**. В математическом смысле условия могут быть определены как достаточные, избыточные или противоречивые; других форм они принимать не могут.

Условие является **избыточным**, если оно содержит ненужные элементы. Ненужными элементами могут быть те, которые имеют тенденцию вызывать потери или перерасходы. Пример избыточного условия: планируется изучение автоматизации крупномасштабной системы контроля запасов с принуждающими связями, состоящими в требовании, чтобы существующая система обработки данных продолжала работать параллельно с новой.

Условие может также содержать противоречие. **Противоречивый элемент** это такой, который тесно связан с другим, причем, если один истинный, другой должен быть ложным. Пример противоречивого условия: цель субподрядчика состоит в том, чтобы ежемесячно составлять график роста продукции, согласованный с требованиями заказчика. Однако темп выпуска продукции заказчиком неизвестен. Следствием противоречивого условия является несогласованность частей проблемы друг с другом и, таким образом, их взаимная противоположность.

Достаточное условие выполняется, если принуждающие связи совместимы с предлагаемой целью, причем цель определена адекватно требованиям к системе. Достаточность предполагает точность и имеет все необходимое, чтобы выполнить требование без каких-либо нехваток или каких-либо чрезмерностей. Пример достаточного условия: кладовщик склада электронной продукции получает приказ на немедленную поставку. Он проверяет свои запасы, определяет, что необходимая вещь есть в наличии, и поставяет ее в тот же день.

С самого начала изучения необходимо придать ограничению и условию равное значение. Изучение проблем редко проводится в идеальной обстановке; обычно их изучают в ситуации, в которой ограничения могут быть только относительно достаточными, очевидно неполными. Некоторые из наиболее трудных проблем как раз те, относительно которых нет уверенности, что ограничение достаточно. В этом случае специалист по анализу систем должен исходить из предположения о достаточности.

Проблемы, структура которых плохо определена, вообще «решаются» посредством принятия без доказательства относительных, а не абсолютных оценок. Проблемы большого диапазона; проблемы, решения которых зависят от еще не разработанных вещей; и проблемы, в которых принимаются гипотезы об объединении систем, еще неопределимом в существующей ситуации, являются проблемами с плохо определенной структурой.

Для анализа стоимости систем оружия неопределенность этого типа является регулярным, постоянно действующим фактором. Это заставило в настоящее время понять, проанализировать и проверить многие группы проблем, ограничений и условий. Охват проблем полученными решениями может быть шире или уже. Относительная ширина охвата зависит от величины рассматриваемого максимума и минимума. Поскольку требуется действовать, может быть выбрано только одно решение. Это единственное решение обычно не содержит все благоприятные элементы. Например, решение с наименьшей стоимостью может требовать более долгого времени; решение с небольшим риском может иметь относительно низкую эффективность (измеренную в величинах скорости действия, скорости поступления топлива, диапазоне операций и т. д.); быстро реализуемое решение может иметь высокую стоимость и большой риск.

После выявления плохо структурированной проблемы может потребоваться предварительное исследование, чтобы адекватно установить ограничение и условие. Начиная анализ сложной проблемы с предварительного изучения, руководитель обеспечивает себе удобное, место остановки, позволяющее ему фиксировать свою позицию относительно дальнейшего. Поскольку предварительное изучение короче по времени и не является глубоким, оно

менее дорого, чем немедленно предпринимаемые полноценные усилия по решению проблемы. Предварительное изучение определяет проблему, ограничение и условие, что может создать надежную основу, позволяющую всем заинтересованным группам лиц, обсуждающим проблему, прийти к согласию. В любом случае первоначальный шаг в анализе проблемы — формулирование проблемы¹¹⁷

Работа по формулированию проблемы

При формулировании (или постановке) проблемы специалист по анализу систем должен выполнить следующие работы: во-первых, описать, каким образом проблема была обнаружена; во-вторых, установить, почему она рассматривается как проблема; в-третьих, отличить ее от «симптома» некоторых смежных проблем; в-четвертых, дать операционные определения нежелательных последствий проблемы. Специалист по анализу систем сделает весьма тяжелую ошибку, если при формулировании проблемы он будет предлагать решения или устанавливать причины. Подготовка формулировки проблемы прежде всего нацелена на то, чтобы поставить проблему в центр внимания. К гипотезам на стадии формулирования проблемы не предъявляется никаких требований. Для обеспечения контроля за проблемой желательно, чтобы имелись логически увязанные, рельефно выступающие факты. Может быть также полезно установить очевидные альтернативы (такие, которые известны).

Исследование исторических аспектов проблемы имеет некоторые основания. Момент времени, в который проблема впервые стала очевидно известной, может быть ценным свидетельством. Он позволяет связать проблему с предшествующими, допускающими идентификацию действиями. Иногда важно определить обстановку, которая породила проблему. Материалы этого сорта могут служить основой для исследования проблемы или определения структуры ее исследования. Изучение истории может помочь при определении оснований проблемы. В спорных ситуациях только история может быть приемлемым общим знаменателем исследования. Историческая формулировка проблемы подразумевает знание проблемы и некоторых относящихся к делу фактов.

Одни и те же явления могут интерпретироваться как проблемы не всеми лицами. Таким образом, необходимо установить то разумное, что определяет содержание явления как проблемы. Явления в деловом мире, правительственных и военных учреждениях могут быть определены как проблемы, если они имеют тенденцию расстраивать надежды получить прибыль или снижать эффективность действий. Однако некоторые проблемы, не являющиеся очевидными, могут быть предсказаны исключительно с помощью аналитических методов. В случаях, когда проблемы не очевидны, нарушение действия системы не происходит немедленно, но становится возможным.

Проблемы могут формулироваться в ожидании нежелательных сопоставлений. Например, руководитель может просить исполнителя сообщить, насколько он собирается снизить накладные расходы, если он реализует только 70% запланированных продаж. Ограничение состоит в том, чтобы сохранить планируемый размер прибыли при 70%-ном уровне текущих продаж. В этом случае руководитель предвидит проблему и дает ей гипотетическое измерение, характеризуя свою широкую цель. Однако в устанавливаемом им ограничении может подразумеваться противоречивое условие: рассмотрение единственной величины—70% продаж—предполагает анализ, основанный на оценке в одной точке. Руководитель может совладать со снижением продаж на 50% или с такой небольшой величиной, как 5%. Проблема поставлена не адекватно, поскольку часть условия пропущена. Ясно, что условие недостаточно, а может быть, и противоречиво.

Руководитель, обращаясь к исполнителю, уже имеет «встроенное» в свое понимание ситуации возможное решение, состоящее в том, что он для сохранения прибыли сможет снизить накладные расходы. Конечно, возможен широкий набор действий, с помощью которых накладные расходы могут быть снижены. Однако руководитель своим определением исключает некоторое число действий, которые могут быть направлены на снижение других, не входящих в накладные расходы затрат. Поэтому его предложение может быть полностью противоречивым. Например, может оказаться, что при снижении продаж только на 30% руководитель при любом условии будет неспособен сохранить запланированный уровень прибыли. Эти факты могут выявиться при проведении анализа. Между тем было принято ложное заключение, состоящее в том, что эти факты являются логическими компонентами данной проблемы. Об условии этой проблемы можно сказать, что оно достаточно в тех случаях, когда результаты предшествующего «эксперимента» указывают на желательность параметрического исследования (зависимость от одного параметра по одному качеству в одно и то же время) крайних значений условия.

Неправильная постановка проблемы может усложнить задачу того, кто должен ее решать. В рассмотренной ситуации целью руководителя может быть просто сохранение прибыли перед лицом снижающихся продаж. Специалист по анализу систем, изучающий ситуацию, имел бы целью понять связь между объемом продаж, прибылью и затратами. Для этого он манипулирует двумя параметрами, удерживая третий неизменным. Но манипулировать в экспериментальных целях в одно и то же время двумя параметрами неудобно и неэффективно. Таким образом, специалист по анализу систем может оказаться вынужденным построить модель проблемы. Модель даст ему возможность манипулировать одним параметром, наблюдая влияние двух других. После трех итераций может появиться возможность поставить проблему в терминах трудно уловимых трехсторонних связей.

Противоречивое условие, появившееся в описанной проблеме продаж—прибыли, возникло из неразберихи целей и принуждающих связей. Выбор непригодной цели означает, что руководитель может атаковать непригодную проблему; это может быть губительным. Установленное как принуждающая связь решение снизить накладные расходы в ожидании снижения продаж в конце концов приведет руководителя к пониманию того, что 30%-ное снижение продаж приведет к потерям безотносительно к снижению накладных расходов. Наоборот, может оказаться, что одно только увеличение накладных расходов сможет дать приемлемый результат, обеспечивающий обусловленное изменение величины продаж.

¹¹⁷ Как пример см. «Отчет о комплексной системе обработки данных для технической службы библиотеки». Городская библиотека г. Лос-Анджелес. Стапфорд Л., Оптнер и асе. Ноябрь, 1964 (прим. автора).

Проблемы могут иметь симптомы, весьма похожие на внешние проявления физических расстройств. Специалист по анализу систем атакует проявления симптомов решением стоящей за ними проблемы. Вопрос состоит в том, каким образом указать разницу между симптомом и проблемой.

Одна из надежных проверок состоит в устранении симптома экспериментальным путем. Если проблема продолжает существовать, не может быть сомнений, что ситуация требует дальнейшего анализа. Вторая проверка может заключаться в определении предполагаемого логического решения. Рассматривая проблему и используя гипотетическое решение, проанализируй, какая дополнительная информация должна быть собрана. Если этот курс действий доказал свою ценность, попробуй второе, третье, четвертое вероятные решения, каждый раз стараясь извлечь что-нибудь о неизвестном.

Третий способ отличить проблему от симптома зависит от исследования. Персонал, наиболее близко связанный с проявлениями проблемы, может помочь при постановке проблемы. Однако при последующем анализе конечным арбитром является сама проблема. При вскрытии существа проблемы большую помощь может оказать работа в следующих направлениях:

1. Собрать и проанализировать часть данных проблемы, которые представляют недостатки системы.
2. Собрать и проанализировать ту часть данных, которая представляет перемежающуюся удовлетворительную работу системы.
3. Описать и проанализировать подсистему, которая прямо порождает данные проблемы, в частности, оценить вход на полноту, частоту, согласованность, надежность и точность.
4. Найти обратную связь, которая даст возможность судить об отклонении, величине ошибки или недостатке системы.
5. Постараться связать объекты и свойства подсистемы в соответствии с их очевидной, логической или причинной связью.
6. Постараться представить полную систему, в которой данная проблема является только частью.
7. Постараться связать между собой полную систему, относящиеся к делу подсистемы и проблему, как она определена.

Выполнение этих шагов создает возможность для формулирования проблемы. После того как специалист по анализу систем сделает эти шаги, ему станет очевидно, что он изучил проблему «в миниатюре». Действительный анализ проблемы будет следовать тем же самым общим курсом действий, но с большей глубиной.

План исследования проблемы

Одним из выходов процесса формулирования проблемы является план исследования. Операционно-ориентированный план исследования логически связывает цель со средствами ее достижения. Нахождение ограничений проблемы является логической операцией. Формулирование условия было также логическим и только отчасти функциональным и операционным. Планирование исследования, однако, полностью операционно. Оно покоится на понимании функциональных связей, характеризующих проблему.

План исследования показывает логический процесс, с помощью которого следует браться за решение проблемы. План исследования является известной областью проблемы: он указывает полную область исследований. План исследования наперед устанавливает продолжительности элементов предпринимаемого исследования: он распределяет ресурсы между областями исследования в соответствии с тем, что известно об их внутренней сложности. План изучения количественно определяет ресурсы, необходимые для исследования: он отражает уровень обеспечения, необходимого для проведения исследования в данный период времени.

Обращение с альтернативами, предположениями, критериями и риском

Системный анализ, используя свою методологию, стремится исследовать как единое целое стоимость, продолжительность и эффективность решения проблем. Сделать это позволяет формальное рассмотрение альтернатив, предположений, критериев и риска. Заключенных в любом приемлемом выборе. Подразумевается, что проблема, на которую ведется атака, является сложной и не тривиальной; точно так же подразумевается, что не требуется, вообще говоря, ее немедленного решения, так как ее временной горизонт промежуточный или долговременный. Предполагается, что проблема только частично количественная. По мере того как проблема становится все менее подходящей для количественного описания, формализм становится все менее и менее строгим (менее математическим).

При решении проблемы первая задача состоит в том, чтобы определить набор объектов, подлежащих анализу. Набор объектов, взятый как целое, представляет собой альтернативу. Оценка альтернатив является средством отбора решений или целей. Отдельное решение проблемы может быть получено многими альтернативными процедурами. Альтернативы могут иметь или не иметь количественно определяемые аспекты. Например, число людей или число частей оборудования альтернативы являются количественно определяемыми. Тип рынка, степень влияния рынка или расположение рынка могут быть только частично количественно определяемыми. Наличие альтернатив предполагает способность сделать выбор между двумя или более приемлемыми решениями. Содержанием альтернатив являются условия, при которых может быть сделан один выбор.

Предположения есть формулировки того, что полагают о состоянии объекта, свойства или связи. Положения являются гипотезами или постулатами. Если положения ложны, то ложны предположения, а условие проблемы противоречиво. Предположения используются для того, чтобы справиться с такими трудными реальностями, которые имеют тенденцию разрушать процедуру решения проблемы. Если предположения не изменяют у данной альтернативы уровня риска или отношения стоимость — эффективность, они являются полезной, существенной частью проблемы. Предположения возлагают на специалиста по анализу систем бремя обеспечения согласованности.

Предположение позволяет вывести существование факта, неизвестного с определенностью, из существования других известных фактов.

Критерий является средством, с помощью которого измеряются или выбираются альтернативы. Критерий заставляет специалиста по анализу систем показывать логичность в выборе его предпочтений. Критерий указывает относительное достижение альтернативы в терминах других мер, таких, как время, стоимость или эффективность. Критерий есть стандарт, с помощью которого может быть вынесено суждение об относительной выгоде выбора.

Риск является мерой потенциальной подверженности недостаткам. Высокий риск может также характеризоваться низкой статистической вероятностью, хотя точная мера риска не всегда может быть количественно

определимой. Для описания риска в сложных количественно-качественных проблемах используется термин «неопределенность». При таком использовании термин «неопределенность» означает относительное правдоподобие фактически случившегося события. Риск или неопределенность могут проявляться на всем протяжении процесса решения проблемы. Риск увеличивается, если, например, критерии внутренне непригодны для измерения того, что ими измеряется. Риск также возрастает, если предположения, принятые как истинные, оказываются ложными. Риск может возникнуть как доминирующая характеристика альтернативы, которая была выбрана из-за неучтенных ошибок обратной связи выхода со входом. Рассматриваемые отношения показаны на схеме рис. 5.1.

Требования к системе, воспринимаемые руководством (покупателем системы), основаны на существующем состоянии системы. Это состояние должно быть переведено в некоторое предлагаемое состояние, которое известно качественно, а не количественно. Вопрос заключается в том, каким образом осуществить предлагаемое изменение. Проблема состоит в оценке средств, с помощью которых изменение может быть осуществлено.

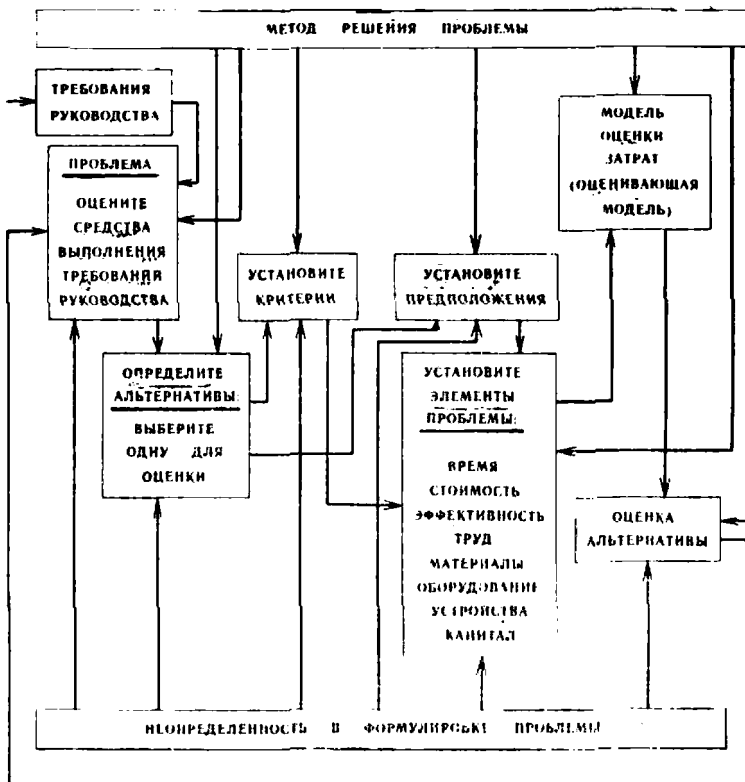


Рис. 5.1.

Допустим, что одновременно есть несколько приемлемых, уже оцененных альтернатив. У каждой альтернативы есть некоторое число предположений. Предположения сформулированы, и то, на чем они основаны, определено. Это сделано потому, что они могут влиять на риск и, следовательно, обусловить получаемые оценки риска. Вслед за этим устанавливаются элементы каждой альтернативы (труд, материал, оборудование, устройства, капитал и т. д.) и значения их измерителей (время, стоимость и эффективность).

Эти оценки затем вводятся в модель оценки затрат (оценивающую модель). Относительно модели предполагается, что она является объективной и свободной от ошибок во входящих в нее объектах, свойствах и связях. Таким образом, модель становится полезным арбитром выбора, если рассматриваются количественно определенные элементы. Действие модели дает оценку. Процесс затем повторяется для дополнительных альтернатив.

Альтернативы, предположения, критерии и риск будут детально рассмотрены в следующих разделах.

Выбор альтернатив

Альтернатива определяется как одна из двух или более возможностей, подлежащих выбору. Чтобы альтернатива была принята к рассмотрению, она должна быть приемлемым потенциальным решением поставленной проблемы. В случае, если альтернативы сравнимы, устанавливается различие между ними. Если же они не сравнимы, то устанавливается, в чем они не сравнимы. В соответствии с этим определением альтернативы могут иметь различия в степени или виде.

Существуют две общие формы альтернатив: функционально различные альтернативы (разница в виде) или операционно различные альтернативы (разница в степени). Функциональную форму альтернативы можно продемонстрировать с помощью парусной лодки и одномоторного самолета, которые могут быть определены как альтернативные решения одной и той же задачи. Операционная форма альтернатив может быть пояснена с помощью трех альтернативных версий одной и той же конструкции автомобиля, выпускаемых для решения одной и той же задачи. Функциональные альтернативы отличаются средствами решения задач. Операционные альтернативы отличаются способами, которыми объекты, свойства и связи агрегируются в систему.

Альтернативы оцениваются по их полной потребности в ресурсах и стоимости и по ожидаемой прибыли¹¹⁸. Например, одна из конструкций автомобиля может требовать для подготовки производства больше времени, чем это возможно, и в конце концов от нее могут отказаться. Вложения (первоначальные затраты) могут быть относительно

¹¹⁸ При оценке альтернатив важную роль может играть представление о потенциально достижимом уровне (физический предел) и технически достижимом уровне (технический предел). Работа К. Шеннона по оценке предельной пропускной способности канала связи — один из примеров (прим. перев.).

низкими у одной конструкции по сравнению с двумя другими. Однако стоимость производства (постоянные затраты) может быть лучше у одной из этих двух моделей. Модель автомобиля с наибольшими вложениями может показать наиболее низкие затраты на производство и наиболее высокую возможную прибыль. Однако она может не подходить, если оценивать ее эффективность (критерий действия). Задача компании состоит в том, чтобы понять цели системного покупателя и перевести их в приемлемые альтернативы проблемы. Чтобы сделать это, компания должна разработать критерии конструирования для отбора альтернативы, удовлетворяющей системного покупателя и компанию наилучшим образом.

Предполагается, что альтернативы для оценки отбираются с учетом мощности и возможностей компании. Например, данная альтернатива должна учитывать число видов продукции, которую компания может разрабатывать одновременно. Могут быть ограничения персонала, устройств или оборудования. Могут также существовать ограничения стоимости. Например, существующая исследовательская тема может быть снята, чтобы финансировать новую; или предлагаемый исследовательский проект может требовать таких увеличений в бюджете компании, которые выходят за пределы, доступные для нее.

Временные ограничения альтернатив могут объединяться с другими ограничивающими факторами. Например, наличное время может быть недостаточным для исследований и разработок, подготовки производства, производства, подготовки рынка и продажи. Время может быть также недостаточным в смысле эффективности продукции. Например, компания может быть субподрядчиком в сложной системе оружия. Ее способность разработать изделие может зависеть от первичного подрядчика, с работой которого она сильно связана. Из-за этого субподрядчик движется со скоростью самого медленного подрядчика, с которым он связан в разработке данной системы.

Альтернативы должны отражать присущую их компонентам чувствительность к одному из основных объектов системы. Например, в трех моделях автомобилей данная конструкция карбюратора может функционировать одинаково. Ее стоимость будет одинаковой при производстве всех моделей. Однако в одной из моделей требуется по сравнению с другими только половина времени на установку карбюратора из-за особенностей конфигурации мотора. Возможность отразить в альтернативе стоимость установки карбюратора как свойства объекта системы сама по себе может быть несущественна. Однако она может повлиять на конечное решение, которое может быть сделано на основании рассмотрения множества таких факторов.

Альтернативы должны формулироваться так, чтобы они были способны отражать стоимость, присущую действиям. Например, данная конфигурация мотора может представлять собой минимальное изменение существующей модели. Для проведения модернизации должны быть добавлены затраты на модернизацию мотора. Конфигурация второго мотора представляет собой радикальное изменение. По отношению ко всем существующим конфигурациям. Она может требовать нового завода со всем оборудованием. Может потребоваться новое снабжение, чтобы обеспечить новыми материалами и изделиями новый процесс производства. В этом случае дополнительная стоимость должна отражать, что добавляется, точно так же как и то, что остается и продолжает быть полезным. Все затраты, производимые в промышленности, должны быть отражены.

Таким образом, амортизация оборудования, используемого или сданного на склад, продолжает быть частью новой продукции до тех пор, пока вся сумма не будет списана с учетных статей. Вложение в новое оборудование, расходы на подготовку производства освоенного и нового оборудования также необходимо относить на стоимость нового продукта. Принцип учета амортизации используется промышленностью и деловым миром, чтобы распределить по времени, высокие первоначальные затраты. Он помогает бухгалтерам получить менее ошибочные оценки затрат на продукцию в данный период времени.

Правительственные или военные учреждения могут учитывать прибыль для определения цены только с помощью добавляемых затрат. Военные учреждения особенно не заинтересованы в учетном инструменте, называемом амортизацией. Для сравнения альтернатив они используют сеть дополнительных статей, «свободных» статей (часть существующей вещи, которая может продолжать находиться в использовании), и дополнительные стоимости людей, устройств и оборудования, необходимых для обеспечения действия новой системы.

Таблица 1

		Время	Стоимость	Эффективность
A	Максимум	•наибольшее время	наиболее высокая стоимость	наивысшая эффективность
B	Минимум	наикратчайшее время	наименьшая стоимость	наименьшая эффективность
C	Оптимум	среднее время	Средняя стоимость	средняя эффективность

Определение альтернатив может иметь целью максимизацию, минимизацию или оптимизацию эффективности системы. Простейший способ представления альтернатив — матрица, показывающая отношение "между каждым параметром и каждым уровнем действия системы (табл. 1). В математике и статистике используется правило, состоящее в том, что в одно и то же время можно логично максимизировать или минимизировать только одну оценку. Это правило с равной силой относится к смешанным количественно-качественным проблемам. Невероятно, например, чтобы время и стоимость решения проблемы могли бы минимизироваться без ухудшения эффективности системы.

Может быть максимизирован один объект и могут быть оптимизированы другие, которые близко подойдут к их идеальным состояниям, возможным при условии максимума этого одного объекта, но не достигнут их. **Оптимум**

означает лучшее в смысле «все учтено»¹¹⁹. Он не означает «самый лучший». Он может означать наиболее благоприятные условия, способствующие достижению данной цели. Оптимумы могут восприниматься как настолько «благоприятные», что специалист их опишет как «идеальные», «превосходные» или «самые лучшие». Однако это условие является апостериорным и не является частью построения альтернатив.

В большинстве случаев максимум и минимум решения проблемы могут быть неизвестными; следовательно, и оптимум будет неизвестным. Эти соображения показывают, что может быть сконструирован пример такой альтернативы, которая будет иметь не слишком полезный максимум или минимум. В случаях, когда у специалиста по анализу систем отсутствует понимание абсолютной ценности каждой альтернативы, он может находить ряд оценок, позволяющих описать решение проблемы. Для исследования сложной проблемы может потребоваться большое количество различных способов. Перед специалистом по анализу систем в конце концов встанет задача обеспечения сравнимости альтернатив.

Время, стоимость и эффективность редко оцениваются по отношению к одному отдельному аспекту. Так например, получается, когда нужно произвести ранжирование целей проблемы. Предположим, что имеется три цели и задача состоит в том, чтобы дать оценки каждой цели. Оценки могут быть сведены в таблицу так, как это показано на табл. 2.

Таблица 2

		Цель 1	Цель 2	Цель 3
		улучшить процедуру приобретения книг	автоматизировать обращение книг	улучшить обработку книг
а в с	время	уменьшить время на заказ	уменьшить время на включение в обращение запоздавших книг	уменьшить время пребывания книг в обработке, а не на полках
а с	стоимость	сохранить стоимость на каждое заказываемое название	Уменьшить стоимость обращения каждого названия	Сохранить стоимость на каждое название на полке
а в с	эффективность	покупать больше названий в каждом заказе	уменьшить количество утерянных книг	уменьшить площадь пола, выделенного для обработки книг

Однако целей может быть больше, и для каждой из них может существовать максимальный, минимальный и оптимальный уровень или выбор. Поэтому таблицы 1 и 2 не могут рассматриваться полностью независимо одна от другой. Они могут быть согласованы, только будучи «наложенными». Набор альтернатив должен включать полный диапазон выборов. Полный набор альтернатив определяет **границы проблемы**. Таким образом, будут существовать два выбора или более на «верхней» и «нижней» границах проблемы. О проблеме говорят, что она «отличается», что она «связана с данной проблемой, но не та же самая», если она находится за этими границами.

Каждая альтернатива может быть выражена в терминах ресурсов: устройств (завод, оборудование, здания, машины и т. д.), рабочей силы (ученые, технические специалисты, мастера, начальники, рабочие, операторы), необходимого обслуживания (тренировка, образование, вспомогательные работы, сохранение) и материально-технического снабжения (сырые материалы, покупные детали и другие материалы). Ресурсы должны быть детально и точно пронумерованы и должна быть обеспечена связь номера каждого ресурса с конкретной альтернативой. Выраженные в терминах требуемых для них ресурсов альтернативы должны быть взаимоисключающими. Таким образом, для каждой альтернативы необходимо демонстрировать использование ресурсов — по элементам ресурсов и конкретным аспектам проблемы.

число альтернатив в проблемах может варьироваться в зависимости от их сложности. Риск, свойственный процессу решения долговременных проблем из-за ограниченной способности определять точный набор условий, тоже может порождать необходимость в рассмотрении большего или меньшего количества альтернатив. С кратковременными проблемами обычно связано немного альтернатив. Границы кратковременных проблем могут быть установлены более твердо; ограничения проблемы могут оставлять меньшую свободу выбора. Например, сверхзвуковой транспорт 1972 года плохо определен сегодня, но будет хорошо определен несколько лет спустя¹²⁰. У плохо определенной цели сегодня множество альтернатив, несколько лет спустя у той же самой проблемы будет немного альтернатив или их не будет вообще. В проблемах этого типа специалист по анализу систем должен выделить основные фазы для каждой альтернативы, в данном случае для каждой альтернативы сверхзвукового транспорта. Для каждой фазы, в свою очередь, может иметься несколько альтернатив. например, на стадии исследования и разработки основными альтернативами могут быть: 1) разработка экспериментального образца, 2) разработка серийного образца или 3) нечто промежуточное между первыми двумя. Первая альтернатива может быть связана с политикой «не вкладывать в производство», в то время как вторая может требовать конкретных вложений в производство. Третья альтернатива может иметь или предыдущие политики или политику производства по запросу (полупроизводство).

¹¹⁹ Это значит, что полнота при оптимизации решения — «все, что может быть сделано в данных условиях с учетом всех требований и всех ограничений» — имеет «большее значение, чем достижение оптимума на частичном представлении проблемы (прим. перев.).

¹²⁰ Книга написана Оптиером в 1964 г. Следует считать, что в 1969 г. пассажирский сверхзвуковой транспорт 1972 г. уже достаточно определился: ТУ-144, «Конкорд» и «Боинг-747» (прим. перев.).

Таблица 3

	Обязательства выпускать продукцию нет	Обязательство выпускать опытную полупродукцию	Обязательство выпускать продукцию
Испытания компонентов	Определение характеристик материалов и конструкции для обеспечения сроков службы 40 тыс час	Определение характеристик материалов и конструкции для обеспечения срока службы 40 тыс. час	Определение характеристик материалов и конструкции для обеспечения срока службы 40 тыс. час
Первоначальная инженерная разработка	Минимум чертежей, работа по указанию инженера	Минимум чертежей работа по указанию инженера	Полный комплект чертежей
Подготовка и планирование производства	Минимальное конструирование и изготовление инструмента, планирование и подготовка производства отсутствуют	Минимальное конструирование инструмента для <...> иных работ Минимальное изготовление инструмента Минимальное планирование производства	Изготовление всего необходимого инструмента Планирование производства
Испытания самолета	Изготовление только прототипа самолета Программа может быть аннулирована	Два самолета без сопутствующей продукции	Два самолета или больше и сопутствующая продукция
Инженерная подготовка производства инструментальное оснащение и планирование		Минимальная инженерная подготовка производства минимальный инструмент и планирование	Выполняется полностью
Производство		По запросу	Производство по графику

Связь альтернатив и их дальнейшее определение (в продолжение примера сверхзвукового транспорта) представлены в таблице 3. Каждая из категорий работ, входящих в данную альтернативу, имеет внутреннюю связь времени, стоимости и эффективности. Каждое из этих измерений в каждой категории работ является кандидатом для оценки. Некоторые ячейки в табл. 3 содержат не строгие описания работ. Например, выражение «по запросу» не определяет точно, что будет или что не будет сделано. Изучение состава стоимости этой альтернативы может исключить эту нечеткость благодаря определению невозвращаемой (вложенной, неликвидной и существенно необратимой) стоимости. Точно так же выражение «только прототип самолета; программа может быть аннулирована» не говорит, что она будет аннулирована или что она может быть аннулирована скорее, чем было установлено. В противоположность этому, решение начать производство может быть принято на стадии первоначальной инженерной разработки. При любом данном условии для каждой альтернативы на каждой стадии ее жизненного цикла должны быть определены ее стоимость и эффективность.

Определение предположений

При решении проблемы необходимо сделать возможно меньше предположений. Каждое предположение может становиться слабым местом, хотя это и не всегда можно показать. Предположения можно исключить после того, как решение определено, поскольку они становятся излишним условием проблемы. Однако иногда решения могут намеренно защищать частотой предположений. В этих случаях предположения не служат покупателю системы или тому, кто решает проблему.

Серьезные трудности могут порождаться неконкретностью предположений. Вернемся к примеру сверхзвукового транспорта. Чтобы объяснить, почему стоимость разработки нового реактивного двигателя будет только частью стоимости предыдущей разработки, делается предположение. Специалист по анализу систем может сказать, что производители двигателей уже располагают таким двигателем, который можно модифицировать, чтобы обеспечить необходимую для сверхзвукового полета мощность. Предположение в данном случае состоит в том, что разработка нового двигателя для сверхзвукового транспорта будет являться модификацией существующих двигателей. В предположении подразумевается, что модифицированный двигатель действительно будет развивать необходимую тягу (энергию). Вопрос состоит в следующем: должен ли специалист по анализу систем оценить все альтернативы летательных аппаратов, используя только одно это предположение, или он должен сделать иные предположения для других сверхзвуковых летательных аппаратов. Существенно различные требования к тяге для других двигателей могут потребовать иных предположений.

Общность, неконкретность предположения может быть компенсирована с помощью поддерживающих его доказательств. В формулировке предположения необязательно содержится его доказательство. Но доказательство должно обеспечить исходную структуру, из которой может быть выведено предположение. Например, если доказательство требований к тяге двигателя основывается на общепринятом мнении, сложившемся под влиянием инспирированных газетных статей, это не доказательство. Если доказательство взято у компетентных специалистов, являющихся экспертами в данной области, оно может быть приемлемым. В любом случае, если предположения обоснованы авторитетными документами, они могут быть конструктивны и полезны. Заметьте возможное здесь

противоречие: если сверхзвуковой транспорт (родовой термин) предполагает использовать самолет, имеющий возможность развивать скорость в 2,0 маха, стоимость разработки двигателя может быть такой же низкой, как и предсказывалось. Если, однако, двигатель на 2,0 маха планируется для самолета со скоростью 2,2 маха, может возникнуть противоречие.

Любой факт, следующий из анализа, должен привлекать внимание. Доказательство фактов покоится на очевидности (см. введение) или предположениях. В некоторых случаях внимание к факту может открывать подразумеваемое предположение. Если это происходит, уместность факта и структура доказательства, основанная на этом факте, должны быть пересмотрены. Доказательства могут быть основаны на доказательстве обстоятельств, а не на доказательстве факта, и в этом случае доказательство обстоятельств может быть основано на предположениях. Поэтому при использовании предположений решение (доказательство) может становиться самообслуживающим, а не полученным объективно.

Предположения могут быть введены с самого начала работы по решению проблемы, вслед за формулировкой проблемы. В этих случаях они должны быть установлены формально совместно с той частью проблемы, которую они поддерживают. Чтобы обеспечить контроль справедливости предположений, они должны быть предметом проверок на любой фазе решения проблемы. Те предположения, которые в проблеме подразумеваются, могут определиться после того, как началось решение проблемы. Они также должны быть введены в полную формулировку проблемы без противоречия с первоначальным условием.

Серьезные заблуждения при решении проблемы, возникают, если предположение вводится как средство снижения риска. Например, руководитель определяет цену на новую конкурентоспособную продукцию (листовое железо, телевизионная станция, радиоприемник), имея аналогичный перечень цен его конкурентов. Текущая структура скидок, сделанных конкурентами при определении этих цен, известна. Новая структура скидок, которую конкуренты могут установить после появления продукции, неизвестна. Может ли быть определена цена на новую продукцию так, чтобы она была конкурентоспособна?

Для определения цены на продукцию этого типа знание структуры скидок конкурента желательно, в то время как знание перечня цен бессмысленно. Распространителей, мелких торговцев и заказчиков интересует только то, сколько они платят фактически, а не то, что перечислено в ценнике. Если используется старая структура скидки, может быть построен набор цен распространителей и мелких торговцев. Эти цены имеют определенную жизненность, но о них предполагается, что они представляют новую структуру скидки. Имея дело с рынком, руководитель должен пойти на риск.

В случаях, когда неправильные суждения являются результатом применения ложных предположений, риск не может быть адекватно установлен или исследован. Неправильные суждения характеризуются неподходящим применением вмешательства в проблему, которое не связывается с очевидными фактами и предположениями. Риск возрастает, когда используется больше предположений, чем установленных фактов; это иногда называют догадками. Бывают случаи, например, в тактическом оружии, где догадки являются необходимыми и другой альтернативы нет. В этом случае у всех альтернатив может быть, в равной степени плохо определенная структура. Задача руководителя состоит в том, чтобы расположить альтернативы в порядке убывания риска от большего к меньшему. Для каждой категорий риска он будет иметь разумное объяснение и некоторое число предположений. Надеясь на успех, руководитель исключит альтернативы, имеющие высокий риск, и сосредоточится на альтернативах с меньшим риском. Выделив альтернативы с меньшим риском, он может обратиться к заключенным в них предположениям и рассмотреть их со всей возможной строгостью. Руководитель может оказаться способным резко очертить предположения и отказаться от некоторых из них; другие же ему придется добавить.

Способность определить риск, маскируемый в некоторых случаях предположениями, дает возможность тому, кто принимает решение, стать в более реалистическое положение. Интенсивность взаимосвязи предположений и риска в проблемах долговременного планирования увеличивается. В проблемах будущего первое, второе и даже третье приближение не могут точно предсказать позиции конкурирующих сторон. При решении долговременных проблем для определения наиболее эффективных средств балансирования предположений и риска используется детальный анализ.

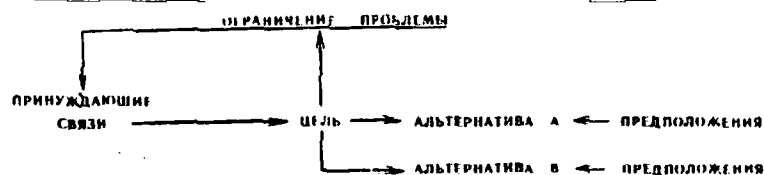


Рис. 5.5.

Связь целей, альтернатив и предположений иллюстрируется примером, представленным на рис. 5.5. В этом примере имеется единственная цель с двумя альтернативами, каждая из которых поддерживается некоторым количеством предположений. Предположения служат для того, чтобы сделать оценку альтернатив возможной. Но различие в наборах

предположений может сделать невозможным сравнение результатов оценки. Например, альтернатива А есть сверхзвуковой транспорт на 400 тыс. фунтов, а альтернатива В есть самолет на 300 тыс. фунтов. Среди предположений для альтернативы А содержатся:

- 1) покрытие (для внешних поверхностей) из нержавеющей стали,
- 2) сотовая конструкция,
- 3) шесть двигателей,
- 4) крейсерская скорость 3,0 маха,
- 5) 140 пассажиров.

Среди предположений для В содержатся:

- 1) алюминиевое покрытие,

- 2) каркасная конструкция,
- 3) четыре двигателя,
- 4) крейсерская скорость 2,0 маха,
- 5) 120 пассажиров.

Все остальные предположения идентичны. Проблема состоит в следующем: в какой степени предлагаемые альтернативы сравнимы? В зависимости от того, для чего используются оценки, можно дать два или более ответа: во-первых, они несравнимы, поскольку они существенно различны; во-вторых, в терминах широких требований к сравнению альтернатив сверхзвукового транспорта они являются двумя примерами из тысяч возможностей.

Более подходящая структура для сравнения этих альтернатив может быть построена сужением ограничения проблемы; большая часть того, что было названо предположениями, будет использоваться как принуждающие связи, как это показано в следующем примере.

Ограничение проблемы

I. Принуждающие связи

1. Алюминиевая обшивка и каркасная конструкция.
2. Двигателей—4.
3. Крейсерская скорость—2 маха.
4. Дальность—4 тыс. морских миль.

II. Цель

A. Оценить ряд конструкций для определения характеристик шума в салоне.

B. Альтернатива B

1. 100 пассажиров.
2. Полетный вес—300 тыс. фунтов.
3. Предположения:
 - а) двигатели—модифицированные варианты существующих,
 - в) безопасность—выполняются все существующие требования, с) приземление в аэропорту—используются все существующие устройства.

C. Альтернатива C

1. 120 пассажиров.
2. Полетный вес — 340 тыс. фунтов.
3. Предположения:
 - а) двигатели—модифицированные варианты существующих,
 - в) безопасность—выполняются все существующие требования, с) приземление в аэропорту—используются все существующие устройства.

В альтернативе C содержатся некоторые «скрытые» проблемы. Такой проблемой является, например, предположение, что модификация двигателя для самолета с полетным весом 300 тыс. фунтов и для самолета с полетным весом 340 тыс. фунтов одинакова и не приводит к каким-либо различиям в проблеме в целом. В действительности же можно ожидать, что стоимость разработки будет различной. Кроме того, размеры двигателя и конструкция крыльев могут меняться от одной конструкции самолета к другой. Различие в конструкции может повлиять на уровень шума. Чтобы избежать противоречивого условия, необходимо выяснить структуру данной проблемы, найти связь между уровнем шума и тем, что его определяет.

Основное отличие двух альтернатив заключается в конфигурации пассажирского отсека и полетном весе. Различия в конфигурации пассажирского отсека и полетном весе являются зеркальным отражением друг друга. Конечной целью этого эксперимента должно быть «конструирование» ряда альтернатив, в которых систематически варьируются важнейшие параметры. Сделав это, инженер сможет открыть полное влияние полетного веса и конфигурации пассажирского отсека на уровень шума. Чтобы фиксировать конструкцию, другие более важные физические характеристики конструкции также должны оцениваться тем же способом. Конечным шагом в конструировании физических или абстрактных систем является объединение параметров в единую конструкцию.

Формулирование критериев

Ранее упоминалось правило, состоящее в том, что в одно и то же время может быть максимизирован или минимизирован только один параметр. Однако руководители делового мира могут неумышленно поставить задачу, которая противоречит этому условию. Например, они могут потребовать: «получите наибольшую продукцию при наименьшей стоимости». Это противоречивое условие, так как в требовании «наибольшей продукции» вполне определенным образом заключено предположение о 100%-ном потреблении продукции рынком. Более того, большое увеличение продукции может потребовать дополнительных заводов, оборудования, рабочей силы и других расходов, которые в действительности могут увеличить стоимость (постоянную и переменную). Было бы также необходимым установить некоторые пределы росту продукции путем определения его как «наивысшего роста продукции за один передел на одном заводе». Возможно, что если бы «наименьшей стоимости» придавался смысл «наименьшей стоимости, согласованной с приемлемым качеством, существующим оборудованием, инструментом и персоналом», она была бы достижимой. Наибольшая продукция может быть установлена как цель, выражаемая в единицах на некоторый рабочий период, в то время как наименьшая стоимость может быть выражена в человеко-часах на каждое изделие.

Этот пример показывает случаи, когда критерий неправильно используется как цель. Цель «наибольшая прибыль—наименьшие затраты» как цель требует многих принуждающих связей, чтобы сделать ее осмысленной.

Назначение критерия состоит не в том, чтобы «заменить цель», а в том, чтобы проверять предпочтения. Такие проверки являются основой для конструирования систем и процесса решения проблем.

Проверка предпочтений в ее промышленных применениях может быть иллюстрирована с помощью того же примера сверхзвукового транспорта. Предположим, что руководство установило такой критерий: решение о размере самолета будет основано на отношении веса самолета к числу пассажиров. Очевидно, что самолет больших размеров будет нести больше пассажиров, а «больше пассажиров» будет означать «больше доход». Первый недостаток этого критерия состоит в его неполноте. Руководство не указало, какое решение будет сделано в результате применения этого критерия; размер самолета может относиться к его весу, полному весу, емкости, длине и т. л. Инженеры, знакомые с конструированием транспортных самолетов, скажут, что одного критерия недостаточно. Например, в этом критерии не учитываются затраты на каждую милю, чтобы обеспечить возможность анализа больших, тяжелых самолетов. Самолет, сконструированный на основе этого единственного критерия, мог бы весить 500 тонн или нести 1000 пассажиров. В какой точке должен остановиться конструктор? Существуют также и другие характеристики сверхзвукового транспорта, требующие рассмотрения: скорость, число и тяга двигателей, безопасность, выбор наружного покрытия, конструкция самолета, время, необходимое для разработки и производства, и др.

Существует два основных способа, позволяющих справиться с трудностями выбора критериев: первый требует, чтобы большая, сложная проблема была определена с помощью таких же широких критериев; другой способ состоит в том, чтобы разбить большую сложную систему на небольшие группы и сконструировать подходящие узкие критерии для каждой группы. В каждом случае проблемы могут быть решены отысканием системы, которая по каждой оцениваемой характеристике лучше, чем сравниваемая с ней система. Часто необходимо взвешивать «за» и «против» каждой системы на сравнимом основании, характеристика за характеристикой. Трехмерная оценка времени—стоимости—эффективности поможет вскрыть, какой системе должно быть отдано предпочтение.

В примере с весом самолета и числом пассажиров цель состояла в том, чтобы оценить каждую характеристику, влияющую на сверхзвуковой самолет. Специалист по анализу систем путем рассмотрения стоимости эксплуатации, характеристик полета и разнообразных физических конструкций определит, в какой степени может быть достигнута цель сверхзвукового полета. В каждом случае должен быть разработан диапазон оценок для разнообразных весов самолета и конфигурации пассажирского салона. На этой основе может быть или может не быть выбрана определенная конструкция.

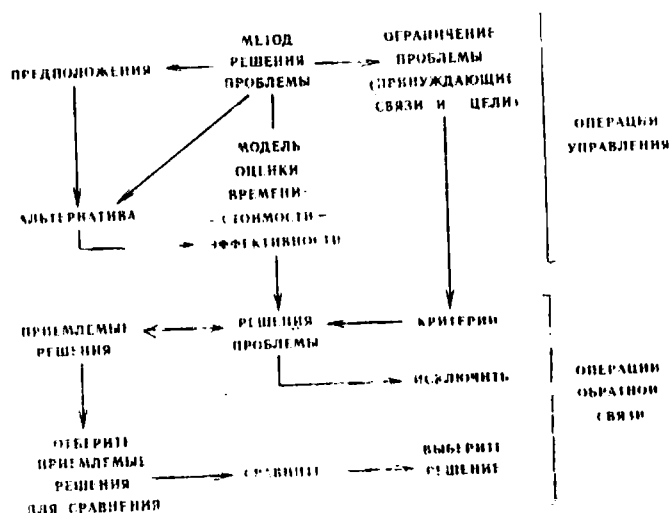


Рис. 5.6.

Критерии устанавливаются покупателем системы или тем, кто решает проблему. Они являются средством, с помощью которого оцениваются альтернативные решения. Связи элементов метода решения проблемы, которые включают применение альтернатив, предположений и критериев, могут иллюстрироваться схемой рис. 5.6, где модель оценки времени—стоимости—эффективности переводит альтернативы в решения. Применение критерия дает возможность принять или исключить определенное число решений. Приемлемые решения сравниваются, чтобы отобрать доминирующее или превосходящее. Заметьте, что критерий выводится из ограничения проблемы и дает возможность судить о решении. Критерий является измерителем цели, порождающим нить постоянства в процессе оценки. Приемлемость решения еще не означает его пригодности для отбора. Должен быть оценен относительный риск, содержащийся в каждом

приемлемом решении.

Оценка риска

Системный анализ предназначен для решения того класса проблем, который находится вне короткого диапазона ежедневной деятельности. Оценка с достаточной точностью риска, заключенного в данном решении, более трудна для проблемы, дальше отстоящей во времени. Каждая альтернатива оценивается собственной мерой риска. О каждой альтернативе должно быть вынесено суждение с помощью прямых или косвенных измерителей, которыми являются критерии действия системы. Ключ к такому определению оценок лежит в сравнимости суждений. Каждое решение должно быть того же самого вида (яблоки и яблоки, а не яблоки и апельсины) и суждение о нем должно выноситься одним и тем же образом. Цель состоит в том, чтобы систематично оценить альтернативное решение путем определения в диапазоне оценок, а не в одиночной точке, чувствительности каждого параметра системы. Каждый параметр проблемы представляет некоторый аспект действия системы.

Определение оценки риска промежуточных или долговременных проблем иногда уходит от реальности. Возможно, что способов избежать этого нет. Иногда модель, которая служит представлением проблемы (системы), является несовершенным отражением реального мира. При таких обстоятельствах согласие в оценках риска может быть относительно низким. Несмотря на отсутствие абсолютных оценок, относительные оценки могут быть все же полезны. Абсолютные оценки определяются как оценки, не загроможденные или не засоренные элементами, делающими эти оценки несовершенным представлением явлений, которые они отражают.

Относительные оценки позволяют решать большую часть тех вопросов, которые решают абсолютные оценки, однако они не могут претендовать на то, чтобы быть точным, полным отражением проблемы. Логично полученные

относительные оценки могут показать полный диапазон возможностей, упорядоченных по одному или нескольким критериям. С их помощью может быть выбрана с некоторой уверенностью альтернатива с наименьшим риском. Упорядоченное рассмотрение риска посредством систематической оценки альтернатив является серьезным улучшением процесса решения проблем¹²¹.

Относительные оценки могут оказаться приемлемыми и по ряду других соображений. При сравнении альтернативных систем возникает следующая проблема:

выделить подсистемы с широким диапазоном характеристик и сосредоточиться на них. В примере со сверхзвуковым транспортом конструкция двигателя, электроника или другие параметры могут быть заданы извне. Эти параметры могут иметь относительно небольшое влияние на величину полной стоимости безотносительно к рассматриваемой альтернативе конструкции транспорта. В основном на стоимость может влиять наружное покрытие и силовая конструкция самолета из-за необычных требований к скорости, влекущих за собой бесчисленные проблемы конструирования оболочки. Например, транспорт со скоростью 2 маха может оставаться в алюминиевом корпусе, однако транспорт со скоростью 3 маха может потребовать покрытия из нержавеющей стали или титана и уникальной конструкции, согласованной с высокой скоростью, трением и напряжениями. На ранних стадиях конструирования оценки, создаваемые для анализа этой проблемы, не являются абсолютными. Однако, если оценки получены логично, их относительная величина будет разумным, приемлемым показателем альтернативы при установленном условии. Задача состоит в том, чтобы обеспечить полноту и ясность альтернатив.

Риск может проявляться двумя способами. Во-первых, требования к системе могут быть выражены неадекватно; во-вторых, модель для определения стоимости системы может быть неудачной. Требования к системе относятся к полному диапазону входа данной системы, включая людей, машины, материалы, устройства и капитал. В любой из этих категорий существенные ошибки приведут к увеличению ожидаемого риска. Ошибки могут быть в плюс (сверх установленного) или в минус (ниже установленного). В сложных долговременных проблемах ошибки имеют тенденцию быть в минус. Недостатки в определении границ системы непременно приводят к недооценкам. Недостатки в модели оценки стоимости оказывают большее влияние на распределение затрат, чем на полноту или согласованность определения затрат.

При определении стоимости от специалиста по анализу систем может потребоваться установить относительно простые вещи, например, такие, как ценник 1970 г. на нержавеющую сталь. От него может также потребоваться дать оценку более сложным явлениям, например, таким, как уровень мощности предприятий авиационно-космической промышленности в 1970 г. или производительность труда в ней. Конкретные числа в конце концов должны быть отнесены к широкому диапазону деятельности. Следовательно, специалист по анализу систем должен найти пути получения и подтверждения чисел и оценки их возможного диапазона ошибок. Если необходимо, должны быть введены предположения; при определении стоимости долговременных проблем предположения могут доминировать.

Риск может также проявляться и другим путем. Связь между требованиями к системе и стоимостью требований должна быть установлена осмысленным образом. Для определения структуры на основе сегодняшнего представления будущей действующей системы необходима модель, которая настолько близка к будущей системе, насколько это возможно осуществить. Оборудование и программы электронной вычислительной системы являются необходимой

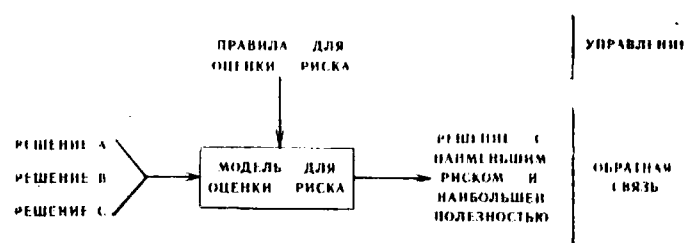


Рис. 5.7.

частью процесса моделирования. Они позволяют поднять первоначальное представление связей между компонентами системы на новый уровень посредством введения нового входа. Итеративные возможности машинной модели позволяют рассмотреть и отбросить многие альтернативные связи. Необходимо принять только те немногие, которые удовлетворяют всем критериям или их части.

Для каждого приемлемого набора связей может быть определена стоимость. Если дана достаточно

большая выборка, для диапазона требований к системе могут быть установлены отношения, позволяющие определить оценки. Отношения для определения оценок могут быть линейными или, что то же самое, возрастающими с фиксированной скоростью; например, по мере роста числа пассажиров возрастает общий вес пассажиров. Или же такие отношения могут быть нелинейными; например, при увеличении веса самолета стоимость может возрастать в большей степени. Успешно применяемые отношения для определения оценок извлекаются из больших выборок эмпирических данных, полученных из набора альтернативных систем с варьирующими требованиями. Задача для специалиста по анализу систем состоит в том, чтобы найти новые отношения между компонентами проблемы. Затем он может проверять их настолько интенсивно, насколько это возможно в его модели.

Отношения между приемлемыми решениями и риском могут быть иллюстрированы рис. 5.7. Эта модель для оценки риска упорядочивает идентифицируемую степень ожидания качественно, а не количественно. Связь риска и полезности показана в таблице 4.

Полезность представляет собой комбинированную оценку временен—стоимости—эффективности. В примере табл. 4 отношение полезности к риску чрезмерно упрощено. Более полно оно может иллюстрироваться таблицей 5, где полезность описана тремя измерениями: временем, стоимостью и эффективностью.

¹²¹ В США сделаны попытки создать системы оценки риска при проектировании технических систем.

Таблица 4

Решение	Полезность	Риск
A	большая	большой
B	средняя	средний
C	наименьшая	наименьший

Таблица 5

Решение	Время	Стоимость	Эффективность	Риск
A	наибольшее	наибольшая	наименьшая	наименьший
B	наименьшее	наименьшая	наибольшая	наибольший
C	среднее	средняя	средняя	средний

То, что решения *B* и *C* имеют «наибольший» и «средний» риск, может обсуждаться. Это зависит от критерия. Если цель состоит в оптимизации, может быть выбрано как *B*, так и *C*. Возможно, что следовало бы выбрать *C*, чтобы минимизировать затраты и время ценой риска; но можно выбрать и *A*, поскольку это решение могло быть достигнуто при минимальном риске.

В другом примере наивысшая эффективность может быть достигнута принятием наиболее долгого времени и использованием больших ресурсов. Если это решение отбрасывается, следует сосредоточиться на других решениях. Может оказаться желательным вновь обратиться к оценкам, установленным для соотношения время—стоимость—эффективность, и попытаться определить, какие параметры чувствительны к стоимости, а какие нет. Их пересмотр может открыть, что небольшие изменения привели бы к существенным изменениям в отношении времени—стоимости—эффективности. При переводе на язык решения оценка риска может стать более острой, и одна из двух альтернатив, *B* или *C*, может оказаться существенно превосходящей другие. Задача состоит в том, чтобы найти решение, наиболее благоприятное во всех отношениях, и даже в том случае, если произойдет событие с низкой вероятностью, для которого система не была специально сконструирована.

Альтернативы и выборы вариантов

Термин «выбор» обозначает методичную манипуляцию объектами и свойствами, позволяющую определить полный диапазон характеристик системы. Выбор может быть определен как замена одного набора оценок, полученных из отношения набора объектов и свойств, на другой набор оценок, который должен быть оценен тем же способом.

Рассмотрим такую ситуацию решения проблемы, в которой объекты, свойства и связи системы перечислены. В этом случае исходным, первым шагом является выбор набора альтернатив. Не впадет ли специалист по анализу систем в крайность, анализируя даже каждую крайнюю систему как возможный ответ на проблему? Аргумент в пользу неограниченных исследований, особенно при решении военных проблем, состоит в том, что они обеспечивают прилив наиболее неожиданных возможностей или причудливых комбинаций событий, упрощающих план и, таким образом, предотвращающих будущую неудачу.

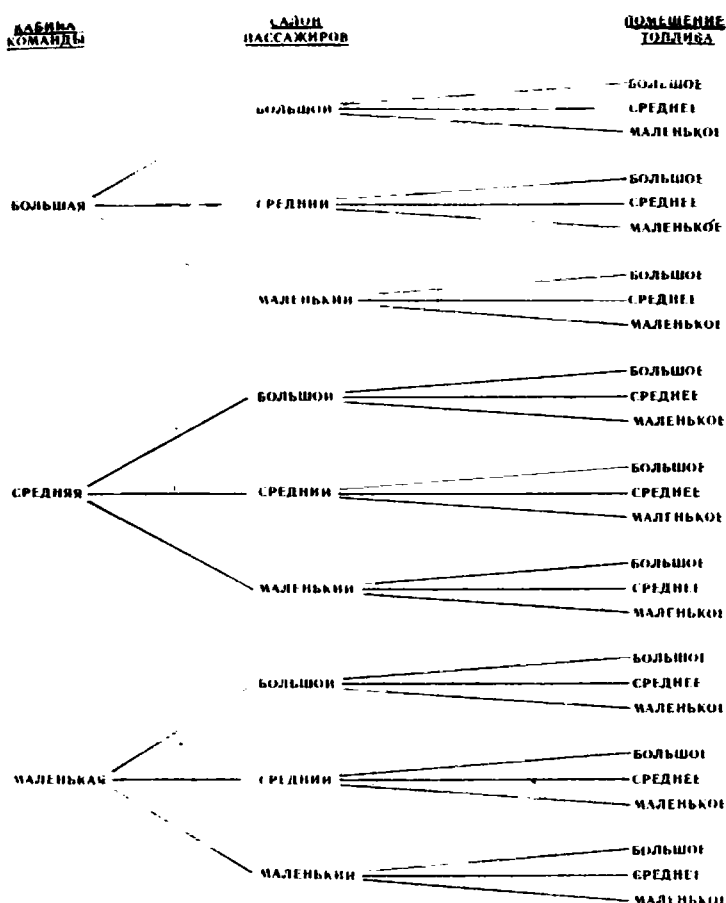


Рис. 5.10.

Но поскольку в деловых мероприятиях не существует неизбежно следующего из возникшей ситуации выбора между жизнью и смертью, то затраты на оценки крайностей кажутся неоправданными. В условиях делового мира долгосрочное планирование наиболее эффективно, если оно удерживается внутри границ известного на сегодня и относительно немного известного о завтрашнем дне. Альтернатива широкого, неограниченного анализа проблемы на деле может оказаться чрезмерно узкой атакой проблемы.

Усилия компании в области долгосрочного планирования в конечном счете могут рассматриваться как специальный тип решения проблемы. Цель такой работы состоит в том, чтобы, отобрав достаточно проблем и решений, охватить настолько полный набор альтернатив, какой только будет доступен. Определение оценки, в конце концов, складывается из суждений; искусства агрегировать (собирать в единое целое) и представлять найденное и экспертизы агрегирования, анализа и синтеза исследуемых данных.

Насколько большой может быть величина набора альтернатив, можно пояснить диаграммой, для построения которой используем пример упоминавшегося ранее сверхзвукового самолета. Пусть даны три характеристики: объем кабины команды, объем салона для пассажиров и объем пространства для топлива. Задача, возникающая перед специалистом по анализу систем при оценке трех диапазонов этих объемов, показана на рис. 5.10. Без дальнейших пояснений очевидно, что выбор между этими тремя характеристиками является только одним из основных выборов, которые могли быть сделаны при конструировании самолета. Например, упомянутые характеристики зависят от геометрии крыла, полетного веса, числа и размеров двигателей, дальности и скорости.

На рис. 5.10 показан выбор между объемом кабины команды, объемом салона для пассажиров и объемом пространства для топлива. То, что показано на этой диаграмме, есть неравноправно оцененная система, в которой имеются три альтернативы объема кабины команды; для каждой из них есть три альтернативы объема салонов для пассажиров, а для каждой альтернативы объема салона есть три альтернативы объема пространства для топлива. Этому точно подобны три альтернативы объема пространства для топлива, три альтернативы объема кабины для каждого варианта объема пространства для топлива и три альтернативы объема пассажирского салона для каждой кабины команды. Процедура выбора вариантов организует анализ параметров конструкции системы так, что его проведение концентрируется вокруг единственно важной характеристики системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы рассмотрели некоторые аспекты решения проблем делового мира на основе анализа их составных элементов. Изложение велось в такой последовательности:

1. Обсуждение решения проблем в условиях деловой деятельности.
2. Обзор основных системных понятий.
3. Рассмотрение явлений управления с помощью обратной связи при решении проблемы.
4. Обсуждение методологических элементов решения проблем.
5. Рассмотрение связей между компонентами системы при решении проблемы.

Первая задача состояла в том, чтобы рассмотреть решение проблемы с различных точек зрения. Были исследованы характеристики типичных проблем. Проблемы, которые могут разрешаться количественно, сравнивались с количественно-качественными, не полностью математическими проблемами. Эти последние проблемы, в которых мы были прежде всего заинтересованы, были названы слабоструктуризованными. Для них характерен широкий охват областей, большая трудность и сложность. В них, непременно, с различной степенью эффективности используются как люди, так и машины. На примерах выбора и представления проблемы, данных и решений показаны практические трудности, встающие перед исполнителем, который решает проблему, стараясь поставить свою работу в фокус внимания руководства.

Следующая задача состояла в том, чтобы дать широкое представление о системных идеях и приложении их к изучаемым проблемам. Чтобы показать, насколько велика область применения системных идей, как основы общего подхода к решению проблемы, было дано описание ряда явлений как **систем**. Сама система была определена функционально и операционно. Были определены и исследованы в ряде ситуаций человеко-машинные системы. Обсуждены свойства, которые отличают человека от машины, и описаны области, в которых их функции уникально дополняют друг друга:

Исследовались обратная связь и управление, а также их роль в человеко-машинных системах при решении проблем. С помощью определения того, что понимается под решением проблемы и на основе исследования модели выхода были описаны операции, из которых состоит обратная связь и управление. Чтобы показать, что решение слабоструктуризованной проблемы может быть найдено с помощью метода, имеющего структуру, а не с помощью неформального, процедурного метода, были представлены модель выхода, проверка соответствия и модель воздействия.

Были определены и организованы вначале функционально, а затем операционно, элементы проблемы. Затем в этом контексте анализировалось формулирование проблемы и целей. Решение проблемы описывалось как процесс итерации управления. Основные элементы обратной связи и управления, в свою очередь, были исследованы.

Были определены и рассмотрены альтернативы, предположения, критерии и риск, присущие курсу действий. В ходе этого рассмотрения кратко обсуждались основные принуждающие связи системы: время, стоимость и эффективность. Каждый из этих элементов был определен как возможный критерий конструирования системы и было исследовано их влияние на выбор альтернатив. Выбор курса действий представлен как выбор вариантов. Показано, что решение проблем можно рассматривать как процесс оптимизации содержания альтернатив.