

Содержание лекции 1

- **История развития системного анализа**
- **Системная деятельность человека**
- **Система. Понятие и краткая характеристика**
- **Классификация систем**

• История развития системного анализа

Первые системные идеи зародились примерно за 2500-2000 лет до н. э. в античной философии. Они состояли в истолковании системы как упорядоченности и целостности бытия. В древнегреческой философии усилиями, прежде всего, Демокрита (460-360 до н. э.), Платона (427-347 до н. э.), Аристотеля (384-322 до н. э.), стоиков, Евклида (330-277 до н. э.) разрабатывались представления о системности знания. В дальнейшем системные взгляды развивались в эпоху Возрождения (XIV-XVI вв.), среди которых важное место занимают системные идеи Н. Коперника (1473-1543).

В связи с выделением из философии в XVI-XVII вв. науки и ее бурном развитии, несмотря на преобладание в классической науке тенденции к дифференциации отраслей знания, концепция системности пробивала себе дорогу. Значительный вклад в нее внесли идеи Г. Галилея (1564-1642), Б. Спинозы (1632-1677), Г. Лейбница (1646-1716), И. Ньютона (1642-1727), К. Линнея (1707-1778), И. Ламберта (1728-1777). Принципы системности, прежде всего знания, разрабатывались в немецкой классической философии усилиями И. Канта (1724-1804), И. Фихте (1762— 1814), Г.Гегеля (1770-1831). Со второй половины XIX в. понятие системы начало проникать в различные отрасли науки. Особую значимость в этом плане имело создание эволюционной теории Ч. Дарвиным (1809-1882), открытие периодического закона химических элементов Д.И. Менделеевым (1834-1907), разработка теории относительности, квантовой физики, структурной лингвистики и др. Существенный вклад в развитие системных идей внесли в последующем теоретики марксизма и западная философия

Раньше других аналитических методов появилась *эконометрия* (30-е годы) как научная дисциплина описания экономических процессов с помощью статистических и других моделей.

Методы *исследования операций* впервые в явной форме были применены в военном деле во время второй мировой войны. В послевоенный период они начали интенсивно использоваться при принятии решений в организационных системах - в промышленности, торговле, снабжении, сбыте, транспорте, научных исследованиях и других областях. Методы

исследования операций требуют при своей реализации трудоемких и объемных вычислительных процедур. Поэтому их использование в самом начале базировалось на применении ЭВМ.

С ростом научно-технического прогресса резко усложнились задачи и взаимосвязи общественного производства. С середины 50-х – начала 60-х годов стали развиваться методы *системного анализа*, которые к настоящему времени оформились в самостоятельное научное направление. Предметом *системного анализа* является обоснование целей деятельности, постановка целей и задач в области производства и управления промышленностью, в области исследования и разработок. В новых условиях это научное направление стало искусством постановки целей деятельности. Методология системного анализа является своего рода реакцией общества на возросшую сложность экономики.

Таким образом, в истории развития аналитических методов можно выделить три этапа:

- первый этап (50-е годы) – стремление добиться улучшения за счет математизации решений на основе методов *исследования операций* и ЭВМ 1 и 2 поколений; применение бессистемное;
- второй этап (первая половина 60-х годов) – решение задач планирования и управления реализуется на основе интегрированных систем обработки данных; применение методов и ЭВМ становится более системным;
- третий этап (вторая половина 60-х, 70-е годы) – сближение формального анализа с деятельностью руководителей; для управления и обоснования решений руководителей широко применяются методы *принятия решений, системного анализа, экспертных оценок, прогнозирования, деловых игр, имитационного моделирования* и др.

Особое место занимают методы системного анализа при программно-целевом планировании и управлении сложными операциями. Разработки по системному направлению включают:

- *общую теорию систем* – системологию (методологические междисциплинарные проблемы);
- *математическую теорию систем* (проблемы разработки математических методов и моделей описания, анализа и синтеза систем);
- *теорию сложных систем* (технических, организационно-экономических, социально-экономических и др.).

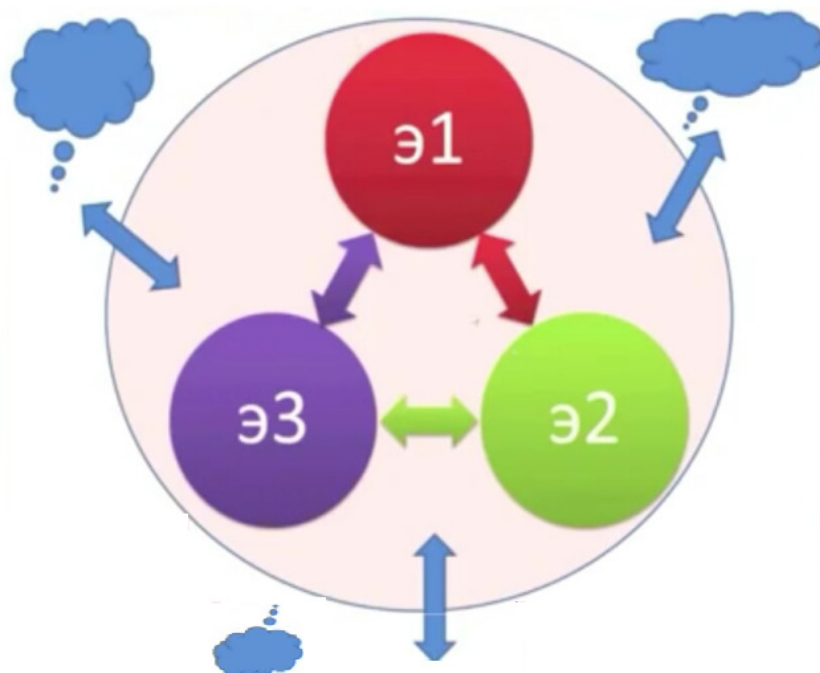
В методологическом отношении системный подход основывается на идеях *целостности, целенаправленности, организованности* сложных объектов, их внутренней активности и динамизме.

• Система. Понятие и краткая характеристика, назначение системного подхода.

Система

• Система представляет собой совокупность элементов (объектов, субъектов), находящихся между собой в определенной зависимости и составляющих некоторое единство (целостность), направленное на достижение определенной цели.

Система может являться элементом другой системы более высокого порядка (надсистема) и включать в себя системы более низкого порядка (подсистемы). Таким образом, понятия "элемент", "подсистема", "система", "надсистема" взаимно преобразуемы: система может рассматриваться как элемент системы более высокого порядка, а элемент - как система (при углубленном анализе).



Система представляет собой ряд элементов взаимосвязанных между собой (как показано на рисунке), образующих целый элемент. И в тоже время на этот элемент оказывает влияние внешняя среда, причем внешняя среда может оказывать не одинаковое влияние на разные элементы системы.

Системный подход рассматривает:

- свойства системы в целом
- внутреннее содержание системы
- взаимодействие системы с окружающей средой.

Системный подход – комплексное изучение исследуемого объекта с позиции системного анализа:

1. Учет внутренней и внешней среды;
2. Учет всех взаимосвязей
3. Изучение отдельных структурных частей
4. Выявление роли каждой части
5. Выявление воздействий системы на элементы.

Назначение системного анализа

1. Упорядочение и понижение сложности информации о сложном объекте, процессе, системе;
2. Преобразование неструктурированных проблем в структурированные;
3. Проектирование и управление объектами, сложными по отношению к возможностям человеческого интеллекта.

Принципы системного подхода.

1. Принцип цели

Цель должна быть достижима (должен существовать критерий оценки достижимости цели) и измерима (количественно выраженная)

2. Принцип двойственности.

Система является целой и в тоже время является частью чего-то более крупного, системы более высокого уровня.

3. Принцип иерархии.

Существует множество элементов, подчиненных элементам высшего уровня.

4. Принцип множественности

Система имеет множество моделей для описания (микроуровень, макроуровень, процессы происходящие внутри системы, иерархия системы, функциональное назначение системы)

5. Принцип историзма

Состояние системы определяется ее прошлым состоянием.

• Системная деятельность человека

Человеческая практика системна

- Всякое осознанное действие преследует определенную цель;

- Во всяком действии легко увидеть его составные части или более мелкие действия;

- Эти составные части должны выполняться в определенной последовательности. Это и есть определенная, подчиненная цели взаимосвязанность составных частей, которая и является признаком системности.

• Классификация систем

Основные типы систем

Многообразие систем довольно велико, и существенную помощь при их изучении оказывает классификация.

Классификация - это разделение совокупности объектов на классы по некоторым наиболее существенным признакам. Важно понять, что классификация - это только модель реальности, поэтому к ней надо так и относиться, не требуя от нее абсолютной полноты. Еще необходимо подчеркнуть относительность любых классификаций. Сама классификация выступает в качестве инструмента системного анализа. С ее помощью структурируется объект (проблема) исследования, а построенная классификация является моделью этого объекта.

Полной классификации систем в настоящее время нет, более того, не выработаны окончательно ее принципы. Разные авторы предлагают разные принципы классификации, а сходным по сути - дают разные названия.

1. Классификация по происхождению. В зависимости от происхождения системы делятся на естественные и искусственные (создаваемые, антропогенные).

Естественные системы - это системы, объективно существующие в действительности. в живой и неживой природе и обществе. Эти системы возникли в природе без участия человека. Примеры: атом, молекула, клетка, организм, популяция, общество, вселенная и т.п.

Искусственные системы — это системы, созданные человеком. Примеры:

1. Холодильник, самолет, предприятие, фирма, город, государство, партия, общественная организация и т. п.

2. Одной из первых искусственных систем можно считать систему торговли.

Кроме того, можно говорить о третьем классе систем — смешанных системах, куда относятся эргономические (машина — человек-оператор), автоматизированные, биотехнические, организационные и другие системы.

2. Классификация по объективности существования.

Все системы можно разбить на две большие группы: реальные (материальные или физические) и абстрактные (символические) системы.

Реальные системы состоят из изделий, оборудования, машин и вообще из естественных и искусственных объектов.

Абстрактные системы, по сути, являются моделями реальных объектов - это языки, системы счисления, идеи, планы, гипотезы и понятия, алгоритмы и компьютерные программы, математические модели, системы наук.

Иногда выделяют идеальные или концептуальные системы - системы, которые выражают принципиальную идею или образцовую действительность - образцовый вариант имеющейся или проектируемой системы.

Также можно выделить виртуальные системы - не существующие в действительности модельные или мыслительные представления реальных объектов, явлений, процессов (могут быть как идеальными, так и реальными системами).

3. Действующие системы.

Выделим из всего многообразия создаваемых систем действующие системы. Такие системы способны совершать операции, работы, процедуры, обеспечивать заданное течение технологических процессов, действуя по программам, задаваемым человеком. В действующих системах можно выделить следующие системы: 1) технические, 2) эргатические, 3) технологические, 4) экономические, 5) социальные, 6) организационные и 7) управления.

1. Технические системы представляют собой материальные системы, которые решают задачи по программам, составленным человеком; сам человек при этом не является элементом таких систем. Техническая система - это совокупность взаимосвязанных физических элементов. В качестве связей в таких системах выступают физические взаимодействия (механические, электромагнитные, гравитационные и др.). Примеры: автомобиль, холодильник, компьютер.

2. Эргатические системы. Если в системе присутствует человек, выполняющий определенные функции субъекта, то говорят о эргатической системе. Эргатическая система - это система, составным элементом которой является человек-оператор. Частным случаем эргатической системы будет

человеко-машинная система - система, в которой человек-оператор или группа операторов взаимодействует с техническим устройством в процессе производства материальных ценностей, управления, обработки информации и т.д..

Примеры:

1. Шофер за рулем автомобиля.

2. Рабочий, вытачивающий деталь на токарном станке.

3. Технологические системы. Существуют два класса определения понятия "технология":

а) как некой абстрактной совокупности операций.

б) как некой совокупности операций с соответствующими аппаратно-техническими устройствами или инструментами.

Отсюда, по аналогии со структурой, можно говорить о формальной и материальной технологической системе.

Технологическая система (формальная) - это совокупность операций (процессов) в достижении некоторых целей (решений некоторых задач).

Структура такой системы определяется набором методов, методик, рецептов, регламентов, правил и норм.

Элементами формальной технологической системы будут операции (действия) или процессы. Ранее процесс был определен как последовательная смена состояний, здесь же мы будем рассматривать другое понимание процесса: как последовательной смены операций.

Процесс - это последовательная смена операций (действий) направленных на изменение состояния объекта.

Связями в технологической системе поступают свойства обрабатываемых объектов или сигналы, передаваемые от операции к операции. Технологическая система (материальная) - это совокупность реальных приборов, устройств, инструментов и материалов (техническое, обеспечение системы), реализующих операции (процессное обеспечение системы) и предопределяющих их качество и длительность.

Пример. Формальная технологическая система производства борща - рецепт. Материальная технологическая система производства борща - совокупность ножей, кастрюль, кухонных приборов, реализующих рецепт. В абстрактной технологии мы говорим о том, что надо отварить мясо, но не оговариваем ни тип кастрюли, ни вид плиты (газовая или электрическая). В материальной технологии техническое обеспечение приготовления борща будет определять его качество и длительность тех или иных операций.

Технологическая система более гибкая, чем техническая: минимальными преобразованиями ее можно переориентировать на производство других объектов, либо на получение других свойств последних.

Примеры. Технологические системы: производство бумаги, изготовление автомобиля, оформление командировки, получение денег в банкомате.

4. Экономическая система - что система отношений (процессов), складывающихся в экономике. Развернем что определение. Экономическая система - это совокупность экономических отношений, возникающих в процессе производства, распределения, обмена и потребления экономических продуктов и регламентируемых совокупностью соответствующих принципов, правил и законодательных норм.

5. Социальная система. Поскольку мы рассматриваем только создаваемые системы, то социальную систему будем рассматривать в следующем разрезе:

Социальная система - это совокупность мероприятий, направленных на социальное развитие жизни людей. К таким мероприятиям относятся: улучшение социально-экономических и производственных условий труда, усиление его творческого характера, улучшение жизни работников, улучшение жилищных условий и т. п.

6. Организационная система. Взаимодействие вышеназванных систем обеспечивает организационная система (система организационного управления).

Организационная система - это совокупность элементов, обеспечивающих координацию действий, нормальное функционирование и развитие основных функциональных элементов объекта.

Элементы такой системы представляют собой органы управления, обладающие правом принимать управленческие решения - это руководители, подразделения или даже отдельные организации (например, министерства). Связи в организационной системе имеют информационную основу и определяются должностными инструкциями и другими нормативными документами, в которых прописаны права, обязанности ответственность органа управления.

7. Система управления. Управление рассматривается как действия или функция, обеспечивающие реализацию заданных целей. Систему, в которой реализуется функция управления, называют системой управления.

Система управления содержит два главных элемента: управляемую подсистему (объект управления) и управляющую подсистему (осуществляющую функцию управления).

Применительно к техническим системам управляющую подсистему называют системой регулирования, а к социально-экономическим — системой организационного управления. Разновидностью системы управления является эргатическая система - человеко-машинная система управления.

Пример. Рассмотрим работу некоторого магазина и попытаемся выделить в его работе вышеперечисленные системы. В магазине имеется система управления, состоящая из субъекта управления - руководства и объекта управления — всех остальных систем магазина. Управление реализуется системой организационного управления — организационной системой, состоящей из директора, его заместителей, начальников отделов и секций, связанных определенными отношениями подчиненности. В магазине функционирует экономическая система, включающая в себя такие экономические отношения, как производство (услуг и, возможно, товаров обмен (денег на товары и услуги), распределение (прибыли). Имеется социальная система, сформулированная в коллективном и/или трудовых договорах. Экономические отношения обмена реализуются в виде некоторых технологических систем (технология продажи товара, технология возврата денег). Технологические системы в свою очередь, строятся на базе технических систем (кассовые аппараты, сканеры штрих-кода, компьютеры, калькуляторы) Кассир, работающий на кассовом аппарате, представляет собой эргатическую систему.

Лекция 2, 3

Основные положения системного анализа

1. Основные направления в системном анализе и его этапы
2. Выделение, изучение, определение типа и формулирование проблемы

К основным принципам системного анализа относятся:

- Целенаправленность (на начальных этапах должна быть определена и четко сформулирована главная цель (цели);

- рассмотрение исследуемых объектов или решаемых проблем как систем;

- выявление и анализ нескольких вариантов решения проблемы и выбор оптимального или эффективного варианта;

- подчиненность частных целей достижению главной цели (целей);

- комплексность и сбалансированность применяемых методов

исследования;

- ведущая роль лица, принимающего решение (ЛПР) на основных этапах обоснования решения по сложным проблемам, так как только ЛПР имеет право принимать решения и несет ответственность за их доброкачественность;

- организация, проведение и методологическое обеспечение системного исследования системным аналитиком — главной, центральной фигурой в системно-аналитической процедуре.

Проблем, которые возникают перед обществом, государством, коллективами людей и отдельными индивидами и должны ими решаться, великое множество. Проблема (преграда, трудность, задача) представляет собой возникающие в ходе познания вопрос или комплекс вопросов, решение которых имеет существенную теоретическую или практическую значимость. В русском языке под проблемой понимается «сложный вопрос, задача, требующие разрешения, исследования», а под задачей — «сложный вопрос, проблема, требующие исследования и разрешения». Из изложенного видно, что термины «проблема» и «задача» являются фактически синонимами. Поэтому в дальнейшем будут использоваться оба этих термина, но все же чаще будет идти речь о проблемах.

Системный анализ применяется при обосновании решений по сложным проблемам.

Исследование операций является прикладной научной дисциплиной, которая занимается разработкой и применением «математических, количественных методов для обоснования решений во всех областях целенаправленной человеческой деятельности».

Основные этапы системного анализа:

- 1) определение конфигуратора («языков» описания проблемы);
- 2) определение проблемы и проблематики;
- 3) выявление целей;
- 4) формирование критериев;
- 5) генерирование альтернатив;
- 6) построение и использование моделей;
- 7) оптимизация (для простых систем);
- 8) выбор;
- 9) декомпозиция;
- 10) агрегирование;
- 11) исследование информационных потоков;
- 12) исследование ресурсных возможностей;
- 13) наблюдения и эксперименты над исследуемой системой;
- 14) реализация, внедрение результатов анализа.

В другой работе приводятся четыре варианта основных этапов системного анализа.

Классическая американская школа	Американская школа	Советско-российская школа	Альтернативный вариант
определение актуальности проблемы	определение целей организации	формулирование проблемы	постановку задачи — определение существа проблемы, выявление целей и определение границ задачи

определение целей	выявление проблемы	определение целей	поиск — сбор необходимых сведений, определение альтернативных средств достижения целей
определение структуры технической системы и ее дефектов	диагностика (определение, распознавание)	сбор информации;	
определение возможностей	поиск решения	разработка максимального количества альтернатив	
нахождение альтернатив	оценка и выбор альтернатив	отбор альтернатив	
оценка альтернатив	согласование решения	построение модели в виде уравнений, программ или сценария	толкование — построение модели и ее использование
выработка решения	утверждение решения		
признание решения	подготовка к вводу в действие	оценка затрат	рекомендации — определение предпочтительной альтернативы или курса действий
запуск решения			
управление реализацией решения	управление применением решения		
оценка реализации и ее последствий	проверка эффективности	испытание чувствительности решения (параметрическое исследование)	подтверждение — экспериментальная проверка решения.

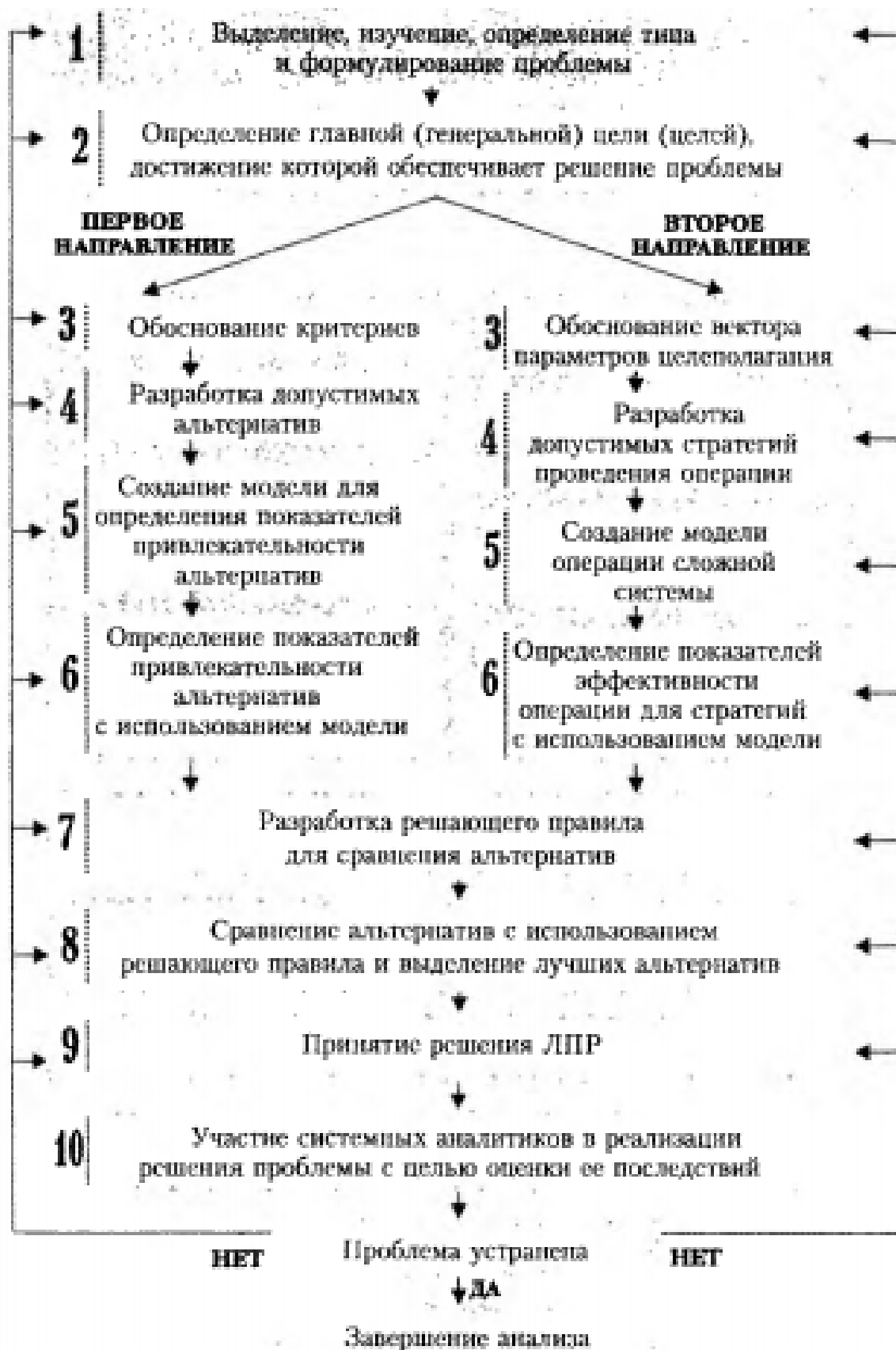
Изучение различных вариантов позволило специалистам выделить пять основных компонентов системного анализа и исследования операций, которые должны присутствовать во всех их вариантах:

- 1) цель или ряд целей;
- 2) альтернативные средства (или системы), с помощью которых можно достичь цели;
- 3) затраты ресурсов, требуемых для каждой системы;
- 4) математическая или логическая модель или модели, каждая из которых есть система связей между целями, альтернативными средствами их достижения, окружающей средой и ресурсами;
- 5) критерий выбора предпочтительной альтернативы; он устанавливает некоторое отношение между целями и затратами на их достижение, например, достижения максимума целей при некоторых предположенных или заранее заданных затратах.

Можно смело сделать выводы что вариантов может быть и больше, и связи с этим при изложении основ системного анализа целесообразно пойти по пути обобщения. Однако при таком подходе, во-первых, нет гарантии полноты перечня этапов, так как при решении определенных типов проблем могут оказаться основными этапы, не вошедшие в перечень. Во-вторых, в таком перечне не отражена хотя бы ориентировочная последовательность выполнения основных этапов и их взаимосвязь. Поэтому при рассмотрении основных этапов системного анализа целесообразно абстрагироваться от частной специфики проблем и рассматривать этапы в обобщенном плане, причем самые основные, общие для всех или большинства типов проблемных ситуаций, а также общую последовательность их выполнения.

Кроме того, сейчас нельзя изложить даже самые важные этапы системного анализа в одном единственном варианте. Дело в том, что в настоящее время получили распространение два направления в системном анализе, ряд этапов которых существенно отличаются друг от друга. **Первое** направление связано с анализом сложных проблемных ситуаций с использованием моделей, которые позволяют определять показатели привлекательности альтернатив без моделирования операций систем. **Второе** направление основывается на методах теории эффективности, применение которых предусматривает использование моделей операций сложных систем. Основные этапы для этих направлений показаны на рис. 2.1.

Первые два этапа, связанные соответственно с идентификацией, изучением, определением типа и формулированием проблемы и определением главной цели или нескольких целей, практически одинаковы для обоих направлений.



Третьи этапы для направлений имеют различия в наименованиях, но по содержанию близки друг к другу. Для первого направления этот этап предусматривает обоснование и выбор критериев (от греч. Krtterion —

средство для суждения, мерило оценки), но которым будут оцениваться показатели привлекательности альтернатив с точки зрения их соответствия цели. Для второго направления формируется вектор параметров целеполагания, представляющий также перечень критериев, но с установлением требуемых с точки зрения достижения главной цели оценок по критериям.

После обоснования критериев и вектора параметров целеполагания осуществляется разработка или генерирование допустимых альтернатив решения исследуемой проблемы. Допустимыми называются такие альтернативы, которые обеспечивают решение проблемы, являются рациональными с точки зрения достижения цели. Одной из основных проблем, которая может решаться с использованием в рамках системного анализа методов теории эффективности, является выбор лучшей стратегии проведения операции (способа применения активных средств — оперирующей системы и ресурсов). В соответствии с этим разрабатываются или выбираются альтернативы — допустимые стратегии проведения операции, которые и обозначены на рис. 2.1.

Главная особенность варианта этапов системного анализа для первого направления заключается в том, что важное место в нем занимает построение модели для определения показателей привлекательности альтернатив. Модель отражает систему связей между компонентами проблемы, прежде всего, между целью и альтернативными средствами ее достижения с учетом основных факторов, влияющих на привлекательность альтернатив. Факторы, которые учитываются в модели, обычно делятся на внутренние и внешние (внешней среды) факторы, а также ограничения на различные ресурсы.

Вторым направлением системного анализа предусматривает обоснование решений по сложным проблемам с использованием методов теории эффективности. Главной особенностью этого направления является то, что важное место в нем при моделировании проблемной ситуации занимает создание динамической модели операции сложной системы.

Для моделирования проблемных ситуаций может применяться много методов. В самом общем случае выделяют предметное (материальное), аналоговое и знаковое моделирование, важнейшим видом которого является математическое моделирование. На выбор конкретного метода моделирования влияет, прежде всего, тип анализируемой проблемы и ее особенности, обусловленные спецификой сферы деятельности, к которой она принадлежит.

На шестом этапе для первого направления использование модели обеспечивает оценку допустимых альтернатив по многим критериям (измерение значений их показателей по каждому из критериев). При этом по каждому критерию определяются количественные, числовые или качественные показатели альтернатив, характеризующие их привлекательность. Для второго направления на этом этапе определяются моделированием операций показатели реального результата операции, а на его основе — показатели эффективности для всех допустимых стратегий.

Последующие этапы системного анализа для обоих направлений идентичны. Они выполняются с применением методов теории принятия решений при многих критериях. При этом сначала разрабатывается решающее правило, по которому необходимо сравнивать альтернативы. Затем по показателям привлекательности альтернатив для первого направления и показателям эффективности — для второго на основе решающего правила осуществляется сравнение альтернатив и выбор в общем случае нескольких лучших из них. Окончательный выбор одной лучшей альтернативы является прерогативой ЛПР на основе его неявной системы предпочтений.

Следует обратить внимание на то, что для обоих направлений исключены заключительные этапы, которые имелись в семи вариантах этапов системного анализа, приведенных выше, и которые были связаны с экспериментальной проверкой, проверкой эффективности решений и др. Эти этапы могут быть необходимы и значимы, но опущены преднамеренно.

Процедуры системного анализа носят, как правило, итеративный характер. Это означает, что они очень редко выполняются за один полный цикл. Обычно системный анализ проводится с неоднократным повторением исследований в полном формате или с возвратом к выполнению исследований, начиная с одного из промежуточных этапов. На рис. 2.1 это показано возвратными стрелками для случаев, когда ЛПР не удовлетворен вариантом решения или проблема не устранена.

На основе рассмотренных двух направлений при проведении исследований могут использоваться различные варианты общего построения системного анализа. Среди них можно выделить пять основных вариантов.

Первые два варианта один к одному соответствуют двум рассмотренным направлениям, т.е. они предусматривают выделение лучшей альтернативы при использовании соответственно моделей проблемных ситуаций и методов

теории принятия решений. Они используются в том случае, когда главная цель достаточно ясная, а для второго направления, как правило, и формализована.

Особенность третьего варианта общего построения системного анализа, основывающегося на его втором направлении, состоит в том, что в нем для повышения степени обоснованности вырабатываемых решений сочетается использование различных моделей операций исследуемых систем, например, аналитических и имитационных.

Четвертый вариант предусматривает комплексирование первого и второго направлений системного анализа. Он применяется при подготовке каких-либо операций сложных систем, например, операций группировок войск. При этом первое направление используется для выбора рационального варианта боевого состава группировки, прежде всего, количественно-качественного состава вооружения и военной техники. Для определения показателей качества альтернатив строится модель проблемной ситуации на основе методологических положений квалиметрии. После реализации системноаналитической процедуры применительно к первому направлению, проводится такая же процедура для второго направления. Она позволяет определить рациональные способы проведения операции группировки войск. Комплексирование двух направлений системного анализа значительно повышает обоснованность принимаемых решений и планов. Четвертый вариант системно-аналитической процедуры используется не только в вооруженных силах. При подготовке многих операций сложных систем, как правило, определяются требуемые силы и средства, а затем — способы проведения операций.

На основе первого направления может организовываться пятый вариант общего построения системно-аналитических процедур, который характерен для обоснования решений на стратегическом уровне, которое называется планированием. Для уровней характерна значительная неопределенность главной цели. А если цель определена неверно, то не будет обосновано рациональное решение со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями. В связи с этим в процессе планировании поводятся две взаимосвязанные процедуры системного анализа по первому варианту. Первая из них предназначена для обоснованного выбора главной цели, а вторая — рациональных путей и способов ее достижения. На проведении двух таких взаимосвязанных процедур основывается программно-целевой метод планирования.

Рассмотренные пять вариантов построения системного анализа (с учетом его этапов, рассмотренных выше для двух направлений) представляют собой модели обоснования решений по сложным проблемам или системно-аналитические образцы развертывания исследований.

Уже из беглой характеристики основных этапов вариантов системного анализа для двух направлений видна их сложность. Особенно с учетом того, что для значительной части этапов не только не разработаны четкие правила и алгоритмы их выполнения, но и зачастую недостаточно разработаны или даже отсутствуют научно обоснованные рекомендации. Данное обстоятельство дает основания специалистам высказывать мнение о том, что при выполнении определенной части этапов системного анализа сочетается наука и искусство. В этой связи в процедурах системного анализа по сложным проблемам в различных сферах человеческой деятельности участвует значительное число людей, роли и функции которых существенно различаются.

Основную роль в системном анализе, как уже отмечалось ранее, играет лицо, принимающее решение. ЛПР называют человека, имеющего цель, которая служит мотивом постановки задачи и поиска путей ее решения. Оно принимает решение на основе учета объективных факторов и своей системы предпочтений и несет за него ответственность. Под системой предпочтений понимается совокупность субъективных представлений ЛПР о наиболее важных, существенных и значимых признаках, по которым оно выбирает лучшую или удовлетворяющую его альтернативу. Наряду с индивидуальным может быть и групповое ЛПР — группа лиц, вырабатывающих коллективное решение на основе некоторого принципа согласования индивидуальных предпочтений членов группы.

Кроме ЛПР в процессе подготовки и обоснования решения могут участвовать следующие субъекты, имеющие свои персональные позиции:

- владелец проблемы (он, по мнению окружающих, должен решать проблему и несет ответственность за принятие решения; владелец может совпадать или не совпадать с ЛПР, быть только одним из участников группового ЛПР или вообще не участвовать в обосновании решения);

- акторы — это активные группы людей, интересы которых затрагивает решаемая проблема. Интересы и цели акторов могут совпадать, расходиться или быть противоположными. Акторы стремятся к достижению своих целей с использованием различных средств, способов и последовательности

действий, способствуя, занимая нейтральную позицию или противодействуя решению проблемы;

- член группового ЛПР, принимающего согласованное решение;
- избиратель, являющийся одним из многих участников процесса принятия коллективного решения — выборов;
- эксперт — специалист высокого класса по решаемой проблеме (он располагает информацией по проблеме, оказывает помощь ЛПР в сборе и анализе информации и формировании решений, отвечает за свои рекомендации, но не несет непосредственной ответственности за результаты ее решения, т.е. выполняет вспомогательную роль, осуществляя информационную и аналитическую работу по уменьшению неопределенности информации);
- консультант по обоснованию решения (он является системным аналитиком, роль которого сводится к помощи ЛПР и владельцу проблемы в правильной постановке проблемы, выполнении неформальных этапов системного анализа, применении методов теории принятия решений, выявлении позиций акторов, организации работы с экспертами). Консультант не вносит своих предпочтений и оценок в процесс обоснования решения, а только помогает другим правильно взвесить «за» и «против» и прийти к разумному компромиссу;
- помощник ЛПР.

На принятие решения косвенным образом влияет окружение ЛПР, сотрудники той организации, от имени которой ЛПР принимает решение. Эти лица имеют общие взгляды, общие ценностные установки, и ЛПР учитывает их предпочтения и политику.

Выделение, изучение, определение типа и формулирование проблемы

Выделение, изучение, определение типа и формулирование проблемы является исходным и весьма ответственным этапом системного анализа. При этом сначала необходимо выделить, идентифицировать проблему. Даже если ее владелец уже ее сформулировал. Ведь владелец проблемы не является специалистом по системному анализу. Представленное им описание представляет собой веский аргумент в пользу существования проблемы, но

очень редко она выделена и верно сформулирована. Это обусловливается сложностью выделения, так как проблема является отражением проблемной ситуации, т.е. объективно существующего противоречия между потребностями людей в каких-либо знаниях или практических действиях и незнанием путей, средств, методов, способов, приемов получения этих знаний или осуществления действий.

При выделении и формулировании проблемы необходимо уяснить возникшую ситуацию и убедиться в наличии проблемы. Как правило, в любой конкретной ситуации главная проблема сразу не видна или редко бывает выражена четко. Прямо или косвенно она связана с другими, часто многочисленными, проблемами. Специалисты по системному анализу рекомендуют относиться к любой реальной проблеме не как к отдельной, изолированной, а как к комплексу, клубку взаимосвязанных и взаимозависимых проблем — проблематике. Поэтому нужно составить полный перечень основных проблем и выявить, решение какой из них приводит к разрешению ситуации и, следовательно, установить, какая проблема является главной. Затем следует дать первоначальную приблизительную формулировку. Если объективно существующая проблема не выделена, а вместо нее ошибочно выявлена и сформулирована другая проблема, то реально существующая проблема решена быть не может. Пример ошибочного выделения и формулирования проблемы будет приведен ниже.

Первоначальная формулировка проблемы носит целевой характер и является упрощенной, приблизительной. Поэтому имеется необходимость в глубоком и детальном изучении проблемы, проверке адекватности первоначальной формулировки, в ее уточнении. При изучении целесообразно руководствоваться рядом рекомендаций, выработанных специалистами.

1. Необходимы изучение и учет целей, проблем и способов действий надсистемы, в которую входит в качестве подсистемы исследуемая проблемосодержащая система. Это очень важно, так как цели функционирования анализируемой системы определяются надсистемой, подчинены достижению ее целей. Аналогичное изучение необходимо и для «окружения» проблемосодержащей системы: систем различных рангов с их проблематикой, образующих внешнюю среду и существенно влияющих на решение проблем исследуемой системой.

2. При изучении проблемы следует учесть видение проблемы и отношения к ней «заинтересованных лиц». Основными из них являются владелец проблемы, ЛПР, акторы (активные группы людей, действия

которых необходимы для решения проблемы), пассивные участники, па которых положительным или отрицательным образом скажутся последствия решения проблемы, и системные аналитики с помощниками. При этом «заинтересованность» понимается не только как прямой интерес к решению проблемы, но и как отрицательное отношение к нему, в том числе сознательное целенаправленное противодействие. К действительно «заинтересованным» лицам относятся владелец проблемы, ЛПР, акторы и пассивные участники, которые имеют свое видение проблемы и отношение к ней. Системные аналитики и их помощники включены в «заинтересованную» группу с точки зрения минимизации их влияния на действия действительно «заинтересованных» лиц (своеобразная «мера безопасности»).

3. Важным подспорьем в изучении сложных проблем являются существующие наработки по их классификации. Классификация сложных проблем осуществляется по различным основаниям. Таких оснований можно выбрать значительное количество. Это обуславливается множеством проблем, существующих в различных областях деятельности человека и общества и обладающих своей спецификой. Вместе с тем, среди оснований необходимо и можно выделить наиболее значимые и характерные. К их числу относятся следующие основания

- возможность использования для описания и моделирования математических методов и точных алгоритмов;
- количество людей, которые заинтересованы в решении проблемы или интересы которых затрагивает ее решение;
- масштабность проблемы;
- принадлежность проблемы к определенной области человеческой деятельности;
- важность и актуальность проблемы;
- требуемая периодичность решения;
- проявление фактора времени в решаемой проблеме;
- решаемость проблемы.

Можно также выделять проблемы и по другим основаниям: главные и не главные, явные и неявные, внутренние и внешние и Другие проблемы.

Рассмотрим типы проблем, которые могут быть выделены по восьми приведенным выше основаниям.

1. По возможности использования для описания и моделирования математических методов и точных алгоритмов проблемы Г. Саймон и А. Ньюэлл предложили разделить на хорошо структуризованные, слабоструктуризованные и неструктуризованные проблемы.

В хорошо структуризованных проблемах все основные компоненты и существенные связи и отношения между ними выяснены настолько хорошо, что могут быть выражены математическими зависимостями и оценены количественными показателями. При правильном определении типа проблемы, цели и выборе или разработке корректной модели зачастую можно найти единственное, оптимальное, во всяком случае, с точки зрения применяемого метода, т.е. наилучшее решение. Это решение является объективным и не зависит от предпочтений ЛПР. Говорят, что обоснование решений по хорошо структуризованным проблемам осуществляется с использованием объективных моделей. В таких моделях проблема формализуется, как правило, в виде целевой функции. При этом оказывается формализованной цель, ее связь с переменными и ограничениями, а также критерий для нахождения оптимальной альтернативы.

Если проблема хорошо структуризована, то для создания ее модели и обоснования решения в рамках процедур анализа как для первого, так и второго направления используются соответствующие особенностям проблемы методы исследования операций. Исследование операций, как было отмечено в предыдущем параграфе, является научной дисциплиной, изучающей и разрабатывающей формально-математические методы обоснования решений на основе анализа количественных зависимостей, т.е. в условиях определенности. В настоящее время исследование операций включает математическое программирование, теорию статистических решений, теорию игр, теорию массового обслуживания, сетевое планирование и управление, теорию управления запасами, теорию назначений, теорию расписаний, теорию выбора маршрутов и др.

Важной особенностью хорошо структуризованных проблем является то, что при обосновании решений сравнение альтернатив осуществляется по одному критерию. В качестве критерия часто выбирается существенное свойство или признак исследуемого объекта. Интенсивность проявления этого свойства характеризуется количественным показателем.

Слабоструктуризованные проблемы называют еще смешанными проблемами. Это обуславливается тем, что в них присутствуют хорошо формализуемые компоненты и связи, а также компоненты и связи, которые не могут быть оценены объективными средствами. Существенной особенностью слабоструктуризованных проблем является то, что альтернативы оцениваются по некоторому количеству критериев. Причем эти критерии соизмеримы по важности между собой, что позволяет вести речь об общем векторном критерии, включающем некоторое число частных критериев.

Хорошо формализуемые компоненты и связи позволяют создать для определения показателей объективные модели. Все показатели, характеризующие привлекательность альтернатив, имеют количественные значения. К компонентам и связям слабоструктуризованных проблем, которые неизвестны и не оцениваются объективными средствами, относятся связи между критериями, относительная важность критериев. Для таких условий определить оптимальную альтернативу нельзя. Имеется только возможность выделить эффективные или лучшие варианты. Для выбора лучших альтернатив при многих объективных критериях используются субъективные знания и предпочтения ЛПР. Это дало основание утверждать, что при обосновании решений, по слабоструктуризованным проблемам принципиально отсутствует информация, которая бы позволила объективно оценить возможные последствия выбора альтернативы.

Для слабоструктуризованных проблем важным понятием является понятие недоминируемых или оптимальных по Эджворту-Парето (Э—П) альтернатив. Эти альтернативы называются также эффективными. Недоминируемой альтернативой называется такая альтернатива, которая превосходит другие альтернативы хотя бы по одному показателю. Выделение множества оптимальных по Э—П альтернатив осуществляется сравнением по определенному алгоритму значений показателей всех альтернатив с отсеиванием доминируемых альтернатив, уступающих по значениям показателей другим альтернативам. Очень часто окончательный выбор лучшей или лучших альтернатив осуществляется ЛПР из множества недоминируемых альтернатив.

Таким образом, для обоснования решений по слабоструктуризованным проблемам характерно сочетание объективных моделей проблемных ситуаций или моделей операций сложных систем, которые обеспечивают измерение или определение количественных значений показателей

привлекательности альтернатив, с субъективно учитываемыми ЛПР связями между этими показателями. Это обстоятельство позволяет утверждать, что при обосновании решений по слабоструктуризованным проблемам используются субъективно-объективные модели.

Для неструктуризованных проблем характерна недостаточная определенность компонентов и связей и отношений между ними. О таких проблемах говорят, что их структура плохо определена. К этому типу относятся многие проблемы многокритериального выбора. Например, выбор профессии, учебного заведения, спутника жизни, выбор при покупке автомобиля, дома и т.д. Наиболее многочисленными и значимыми среди неструктуризованных проблем являются проблемы управления сложными системами, в первую очередь принятия управленческих решений и планирования, особенно на стратегическом уровне. Объективную модель для неструктуризованной проблемы создать невозможно. Это означает, что объективными средствами принципиально невозможно определить как значения частных показателей привлекательности альтернатив, так и относительную важность этих показателей, т.е. невозможно построение объективной модели проблемной ситуации в целом. Поэтому считается, что при обосновании решений по таким проблемам используются субъективные модели. Важно иметь в виду, что по неструктуризованным проблемам возможно обоснование только эффективных или оптимальных по Э—П решений, которые часто называются рациональными решениями.

Это принципиально, так как очень часто ведется речь о принятии оптимальных решений по слабоструктуризованным и неструктуризованным проблемам. А нередко можно услышать и о «наиболее оптимальных» решениях. Видимо, сказывается влияние специалистов по исследованию операций и внешняя красивость термина «оптимальный».

При краткой характеристике второго этапа системного анализа с использованием методов теории эффективности было отмечено, что при определении цели обязательна ее формализация. Для неструктуризованных проблем это очень сложно или даже невозможно. Сложно или невозможно и создание объективных моделей операций для таких проблем. Следовательно, при использовании традиционных положений и методов теории эффективности реализация второго направления системного анализа для обоснования решений по неструктуризованным проблемам затруднена. Обоснование решений по таким проблемам часто осуществляется с использованием первого направления системного анализа. При этом

считается, что строятся субъективные модели проблемных ситуаций и используются субъективные модели обоснования решений в целом. Вместе с тем полная и безоговорочная субъективность таких моделей требует существенных уточнений и пояснений, которые будут изложены при рассмотрении классификации проблем по второму основанию.

2. По количеству людей, которые заинтересованы в решении сложной проблемы или интересы которых затрагивает ее решение, проблемы можно разделить на коллективные и индивидуальные.

К коллективным проблемам относятся такие проблемы, которые касаются коллективов людей. Эти коллективы могут быть различного состава, начиная от небольших коллективов мелких и средних фирм, коллективов крупных производственных фирм и банков и заканчивая странами и всем мировым сообществом. В последующем изложении такие коллективы будут называться, как это принято, организациями, организационно-техническими, социальными, социотехническими и т.п. системами.

К индивидуальным проблемам целесообразно отнести сложные проблемы отдельных лиц и проблемы, в решении которых заинтересованы небольшие группы людей, жестко связанные общими близкими интересами. Это может быть, например, семья, небольшая группа родственников и т.п. Их можно считать групповым ЛИР, обосновывающим и принимающим решение по сложной проблеме в своих индивидуальных или групповых интересах.

Выделение этих типов проблем необходимо по одному важному обстоятельству. Дело в том, что утверждают о моделировании при обосновании решений по неструктурированным проблемам преимущественно предпочтений ЛИР. Конечно, предпочтения ЛИР в выборе варианта играют значительную роль. Однако это не означает, что в субъективной модели не моделируется реальность, в которой существует, развивается и решается неструктурированная проблема. Пусть, например, руководитель фирмы решает проблему выпуска новых товаров. При этом он самым тщательным образом изучит реальное положение на рынке, в том числе спрос и предложение, ожидаемые затраты на организацию производства, стоимость и конкурентоспособность новых товаров, возможности и предположительные действия конкурентов и т.д. Разработанная субъективная модель проблемной ситуации при обосновании решения должна основываться на реальной обстановке. Эта обстановка определяет рамки учета системы предпочтений ЛПР, которые должны позволить

принять не волюнтаристское решение, а такое решение, которое позволит встроиться фирме в деловой мир и найти свою нишу в непростом мире бизнеса. Причем если взять несколько родственных фирм, то их руководители при правильном обосновании решений по одинаковым проблемам примут различные, по близкие рациональные решения.

Все это позволяет вести речь о субъективно-объективированных моделях обоснования решений по множеству важных неструктуризованных проблем. К таким проблемам относятся, прежде всего, управленческие проблемы. Объективация этих моделей и обоснованных с их помощью решений, как уже отмечалось выше, осуществляется факторами действительности, которые обязательно должны учитываться в моделях обоснования решений и планировании.

Субъективно-объективированные модели используются при решении практически всех коллективных неструктуризованных проблем, так как деятельность коллективов всегда проходит в обстановке, включающей объективные и субъективные компоненты окружающей действительности.

Совсем другое положение дел имеет место при обосновании решений по индивидуальным проблемам, связанным с выбором места работы, дома, профессии, вуза для учебы, автомобиля, страны для туристической поездки и т.п. Здесь модель обоснования решений действительно является, но сути, моделью предпочтений ЛПР. Например, широко известен пример обоснования решения по выбору семьей дома для покупки. Выбор осуществлялся из трех вариантов. Каждый вариант оценивался по восьми критериям. Часть критериев (размеры дома, срок постройки, стоимость) характеризовались объективными количественными показателями. Остальные же критерии (удобство автобусных маршрутов, окрестности, общее состояние, двор, современное оборудование) оценивались качественно. Если эту проблему дать для решения нескольким семьям, то каждая из них может выбрать для покупки разные дома. Это обусловливается тем, что семьи имеют собственные приоритеты по используемым критериям. Объективно лучшего дома в такой проблеме выбора просто не существует. В обосновании решения по ней, несомненно, доминирует именно субъективная модель предпочтений конкретного ЛПР. Все сказанное для проблемы выбора дома относится и к другим подобным проблемам выбора, некоторые из которых указаны выше.

В дальнейшем изложении неструктуризованные проблемы с использованием субъективно-объективированной и субъективной моделей

обоснования решений будут иногда называться соответственно неструктуризованными проблемами первого и второго вида. Естественно, как уже отмечалось выше, определение оптимальных альтернатив при обосновании решений по таким проблемам невозможно. Обычно, речь идет о выделении рациональных или лучших альтернатив.

Методы решения задач выбора из сформированных альтернатив при обосновании решений по слабоструктуризованным и неструктуризованным проблемам занимается теория принятия решений при многих критериях. Преимущественно именно эти методы будут рассматриваться в главах данной работы, посвященных теории принятия решений.

3. По уровню (рангу) и масштабу можно выделить проблемы, например, следующих типов:

- глобальные проблемы, имеющие значимость для всего населения Земли;
- региональные проблемы, значимые для населения определенных регионов;
- внутригосударственные проблемы, которые приходится решать органам государственной власти; их можно разделить на стратегические проблемы, касающиеся общегосударственных долгосрочных интересов, и тактические проблемы, которые отражают наличие динамичных краткосрочных противоречий в различных областях деятельности общества и государства;
- краевые, областные, районные, городские, поселковые, сельские и др. проблемы;
- проблемы, корпораций, фирм, банков, различных организаций и учреждений и т.н. различных уровней;
- проблемы мелких групп, семей и отдельных людей.

Можно выделять и другие более масштабные или промежуточные по масштабу уровни проблем. Однако не это главное. Выделение проблем по масштабу важно с методологической точки зрения в том смысле, что всегда наиболее приоритетными для решения соответствующими органами являются более масштабные проблемы их уровня. Это обусловливается более масштабными и долговременными последствиями несвоевременного или неудовлетворительного решения таких проблем.

В самом общем плане по уровню и масштабу множество проблем принято делить на проблемы стратегического и тактического уровней.

4. В самом общем случае по принадлежности к различным областям деятельности человека и общества значительный смысл имеет деление проблем на внутринаучные и внешненаучные проблемы. Это обуславливается тем, что многочисленные внешненаучные проблемы относятся к самым различным областям чувственно-практической деятельности общества и человека. Для обеспечения решения этих проблем с использованием специально разработанных методов предназначена наука. Вместе с тем наука имеет собственную логику развития и много своих проблем, которые она решает сама. Однако внешненаучные, практические проблемы являются для нее всегда более приоритетными по сравнению с собственными проблемами.

По принадлежности к определенной конкретной области предметно-практической или духовной человеческой деятельности различаются различные проблемы: экономические, политические, идеологические, дипломатические, научные, технические, экологические, философские, медицинские, военные, методологические, финансовые и другие. Однако проблемы в «чистом» виде встречаются редко. Подавляющее большинство проблем из различных сфер деятельности тесно переплетены друг с другом, являются взаимосвязанными и взаимозависимыми. Так, экономические проблемы связаны и взаимозависимы с политическими, техническими, научными, финансовыми, экологическими и др. проблемами. В этой связи такая проблема не может быть изучена и сформулирована только на «языке» экономики. Необходимо ее всестороннее изучение и описание с учетом влияния всех основных факторов на их «языках», т.е. с учетом различных аспектов проблемы. Такое совместное агрегированное описание сложной проблемы в терминах нескольких «языков» позволяет охарактеризовать ее с достаточной полнотой. Рассмотренный агрегат в системном анализе принято называть конфигуратором.

Рассмотрение всех этих типов проблем для системного анализа очень важно, так как каждой из них могут быть присущи свои уникальные особенности. И, несмотря на наличие в процедурах системного анализа общих по наименованию этапов, содержание этапов для сложных проблем из различных сфер человеческой деятельности может иметь свою специфику. Даже родственные слабоструктуризованные или неструктуризованные проблемы в различных странах наряду с общими подходами всегда имеют

особенности, характерные для конкретной страны, и могут иметь несколько отличающиеся друг от друга решения. В связи с этим, видимо, необходимо с известной долей понимания истинного положения дел относится к попыткам автоматизации решения системных задач и описания специальной экспертной системы — Универсального Решателя Системных Задач в известной работе Д. Клира, но системологии — «Системология. Автоматизация решения системных задач». Однако сложные проблемы, особенно неструктуризованные, как правило, уникальны и требуют во многом конкретных подходов к их решению. В этой связи можно отметить, что в указанной работе много интересного и полезного, но о полной автоматизации решения сложных проблем еще можно только мечтать, если это вообще будет возможно в обозримом будущем.

5. По признаку важности выделяются первостепенной важности: очень важные, важные, не очень важные, не важные и т.н. проблемы. Ранжирование проблем по важности очень необходимо. Это предопределяется тем, что проблем в практической деятельности и в теории всегда существует множество. Причем их выявляется такое число, которое не может быть решено из-за ограниченных финансовых, интеллектуальных, временных и других ресурсов. Поэтому приходится выбирать из них для первоочередного анализа наиболее важные проблемы.

Важность проблем, как правило, не является постоянной. Она может изменяться с течением времени. В этой связи используется такая характеристика проблем как актуальность, которая неразрывно связана с важностью. Актуальность (от лат. *aktualis* — деятельный) означает «важный в настоящее время; назревший, требующий своего разрешения». Следовательно, актуальной является важная в настоящее время проблема. Актуальность проблем может быть реальной и искусственно созданной. Проблема реально актуальна, если она существует в действительности. В то же время могут иметь место случаи, когда в силу определенных причин важность проблем на данное время искусственно завышается. Такие проблемы называются конъюнктурными или «модными». На их решение могут быть потрачены значительные ресурсы, но отдача от этого будет гораздо меньше ожидаемой. Особенно опасно выбирать «модные» проблемы для решения в диссертационных работах. Известны случаи, когда соискатели ученых степеней тратили много сил и времени на решение таких проблем, но оказывались «у разбитого корыта», так как «мода» менялась, и наработки оказывались не нужными.

6. Требуемая периодичность решения является важным основанием для классификации сложных проблем, с которыми приходится иметь людям в своей разнообразной деятельности. По данному основанию принято выделять разовые и повторяющиеся проблемы.

Разовые проблемы могут быть решены за один цикл или за некоторую серию циклов анализа и действий. Примеров проблем первого типа можно привести много. Это индивидуальные проблемы выбора дома, профессии, вуза для учебы, места работы и т.н. К проблемам данного типа относятся и многие проблемы коллективные. Например, проблемы выпуска новых товаров, вложения финансовых средств в определенный проект, которые анализируются и решаются, как правило, за один цикл. Примерами разовых проблем, решаемых за несколько циклов анализа и действий, является создание сложного образца техники, реализации какого-либо сложного проекта. При решении подобных проблем после первичного обоснования и принятия решения на создание образца или реализации проекта следуют последующие циклы анализа и скорректированных действий до создания промышленного образца или реализации проекта.

Проблемы второго типа можно разделить на периодически и регулярно повторяющиеся проблемы.

Примерами периодически повторяющихся проблем являются проблемы диагностики заболеваний, поиска полезных ископаемых с помощью космических средств и др. Это проблемы, которые возникают и решаются по мере необходимости. Для обоснования решений по таким проблемам часто используются экспертные системы, являющиеся одним из ответвлений исследований в области искусственного интеллекта.

Особое место в человеческой деятельности занимают периодически повторяющиеся управленческие проблемы, требующие постоянного осуществления с необходимой периодичностью циклов анализа и действий. Подавляющее большинство этих проблем относятся к слабоструктуризованным или неструктуризованным проблемам. Как было отмечено выше, оптимальные решения по таким проблемам обосновать нельзя. Эффективность или рациональность принятых по ним решений и планов априорно проверить нельзя. Поэтому проверка решений и планов осуществляется в процессе их практической реализации. И одной из важнейших задач органов управления является постоянное изучение откликов управляемой системы на управляющие воздействия и периодическое повторение циклов системного анализа для корректуры решений и планов, а

при необходимости — и кардинального их изменения. В этом заключается основная суть принципа «кормчего» при управлении сложными системами.

Среди управленческих проблем немало и таких, которые также являются повторяющимися проблемами, но их принято решать с установленной дискретностью. Примеров подобных проблем можно привести также немало. Большинство из них связано с разработкой и корректурой планов и программ. Например, для координации научно-технической деятельности в министерствах и ведомствах бывшего СССР и советах министров союзных республик разрабатывались и утверждались соответственно отраслевые и республиканские среднесрочные и краткосрочные (годовые) планы развития науки и техники. Среднесрочные планы разрабатывались на пять лет на основе прогнозирования направлений развития научно-технического прогресса и решения выявленных проблем. Жесткость циклов смягчалась возможностью внесения изменений в принятые планы в установленном порядке. На государственном уровне применялось долгосрочное планирование с разработкой прогнозов, комплексных программ научно-технического прогресса и основных направлений развития науки и техники на 20 лет.

Следовательно, цикличность в принятии или корректуре решений и планов характерна для управления всеми сложными системами. Вместе с тем не для всех систем приемлема твердо установленная периодичность циклов. Ведь, например, руководство какой-либо отрасли или производственной фирмы при изменении конъюнктуры на рынке товаров не будет придерживаться строго установленной периодичности анализа и корректуры решений и планов, а будет проводить постоянный анализ ситуации и корректировать решения и планы по мере необходимости.

7. По проявлению фактора времени проблемы можно условно разделить на динамические и статические проблемы.

К динамическим проблемам относятся такие проблемы, параметры которых изменяются с течением времени. Так как «ничто не вечно под Лупой», то все проблемы в абсолютном плане являются динамическими. Вместе с тем для обоснования решений по сложным проблемам важна не абсолютная, а относительная динамичность проблем — относительно продолжительности цикла принятия решения. При этом цикл принятия решения включает период наблюдения и период обоснования решения. Для ЛПР важно то, существенно ли изменяются параметры проблемы за время наблюдения и обоснования решения. Процедуры системного анализа применяются для таких сложных проблем, параметры которых за это время

не изменяются или изменяются незначительно. Поэтому можно считать, что при обосновании решений по сложным проблемам во временных рамках одного цикла анализа ЛПР имеет дело со статическими проблемами, т.е. осуществляется дискретная подготовка и обоснование решений.

Динамизм разовых проблем учитывается при моделировании конкретного состояния в конкретный период времени. Динамичность управленческих проблем учитывается, как уже отмечалось выше, непрерывным наблюдением за поведением системы под влиянием управленческих воздействий и периодическим уточнением решений и планов.

в. Но признаку решаемости выделяются принципиально не Решаемые, не решаемые в настоящее время, не решаемые с приемлемыми затратами ресурсов, решаемые частично, решаемые полностью и др. проблемы. Правильно определить тип проблемы по этому основанию важно, так как можно затратить впустую много ресурсов на не решаемую или трудно решаемую проблему. Известный специалист по системному анализу и исследованию операций Р. Акофф рекомендовал следующие способы обращения с проблемами в зависимости от их решаемости:

- не решать трудно решаемую проблему, игнорировать ее, надеясь, что она со временем исчезнет, естественно, принимая меры по смягчению последствий существования проблемы;

- решать проблему частично, как правило, осуществив декомпозицию ее па частные проблемы и решая наиболее значимые из них, таким образом, смягчая ее последствия;

- решать проблему полностью, если это возможно с приемлемыми затратами интеллектуальных, материальных, финансовых ресурсов и времени;

- устранить трудно решаемую или не решаемую проблему, «растворить» ее, переделав систему, в которой она существует, или внешнюю среду.

Сочетания восьми рассмотренных выше оснований классификации дают множество возможных типов проблем. Конечно, основания неравнозначны. Наиболее важным из них является первое основание. Важны и последующие три основания.

Определение целей системного анализа

Формулирование проблемы

Для традиционных наук начальный этап работы заключается в постановке формальной задачи, которую надо решать. В исследовании сложной системы это промежуточный результат, которому предшествует длительная работа по структурированию исходной проблемы. Начальный пункт определения целей в системном анализе связан с формулированием проблемы. Здесь следует отметить следующую особенность задач системного анализа. Необходимость системного анализа возникает тогда, когда заказчик уже сформулировал свою проблему, т.е. проблема не только существует, но и требует решения. Однако системный аналитик должен отдавать себе отчет в том, что сформулированная заказчиком проблема представляет собой приблизительный рабочий вариант. Причины, по которым исходную формулировку проблемы необходимо считать в качестве первого приближения, состоят в следующем. Система, для которой формулируется цель проведения системного анализа, не является изолированной. Она связана с другими системами, входит как часть в состав некоторой надсистемы, например, автоматизированная система управления отделом или цехом на предприятии является структурной единицей АСУ всего предприятия; АСУ предприятия имеет связи с отраслевой системой; сама система, в свою очередь, состоит из подсистем. И поэтому, формулируя проблему для рассматриваемой системы, необходимо учитывать, как решение данной проблемы отразится на системах, с которыми связана данная система. Неизбежно планируемые изменения затронут и подсистемы, входящие в состав данной системы, и надсистему, содержащую данную систему. Таким образом, к любой реальной проблеме следует относиться не как к отдельно взятой, а как к объекту из числа взаимосвязанных проблем.

Другая причина того, что к сформулированной заказчиком проблеме следует относиться как к первоначальному рабочему варианту, состоит в том, что она (проблема) является его рабочей моделью, его взглядом на проблемную ситуацию. В реальной жизни необходимо учитывать позиции всех заинтересованных сторон. Учет мнений всех заинтересованных сторон приводит к дополнениям, уточнениям первоначального варианта описанной проблемы. Следовательно, системное исследование проблемы должно начинаться с ее расширения до системы проблем, связанных с исследуемой, без учета которых она не может быть решена. Это расширение должно происходить как с учетом связей данной системы с над- и подсистемами, так и с точки зрения углубления данной проблемы, ее детализации.

Для формулирования системы проблем необходимо сформировать перечень заинтересованных лиц, так или иначе связанных с работами по системному анализу. В данный перечень следует включать, во-первых, клиента, который ставит проблему, заказывает и оплачивает системный анализ. Именно заказчик формулирует исходную проблему системного анализа. Далее включаются лица, принимающие решения, от полномочий которых зависит решение проблемы. Необходимо учитывать мнения активных участников решения проблемы, поскольку на них лягут основные работы по реализации принятых решений. Следующий контингент - пассивные участники, те, на ком скажутся последствия решения проблемы. На этапе формулирования проблемы необходимо учитывать, к каким изменениям приведут внедрения мероприятий проведенного системного анализа, и как это отразится на пассивных участниках. И, наконец, требуется включать в перечень самого системного аналитика и его сотрудников, главным образом, для того, чтобы предусмотреть возможность минимизации его влияния на остальных заинтересованных лиц.

При формулировании системы проблем системный аналитик должен следовать некоторым рекомендациям. Во-первых, за основу должно браться мнение заказчика. Как правило, в качестве такового выступает руководитель организации, для которой проводится системный анализ. Именно он, как было отмечено выше, генерирует исходную формулировку проблемы. Далее системный аналитик, ознакомившись со сформулированной проблемой должен уяснить задачи, которые были поставлены перед руководителем, ограничения и обстоятельства, влияющие на поведение руководителя, противоречивые цели, между которыми он старается найти компромисс. Насколько это возможно, следует выяснить личные качества руководителя, его склонности и предубеждения. Далее системный аналитик должен изучить организацию, для которой проводится системный анализ. Необходимо тщательно ознакомиться с существующей иерархией управления, функциями различных групп, а также предыдущими исследованиями соответствующих вопросов, если таковые проводились. Аналитик должен воздерживаться от высказывания своего предвзятого мнения о проблеме и от попыток втиснуть ее в рамки своих прежних представлений ради того, чтобы использовать желательный для себя подход к ее решению. Наконец, аналитик не должен оставлять непроверенными утверждения и замечания руководителя. Как уже отмечалось, проблему, сформулированную руководителем, необходимо, во-первых, расширять до комплекса проблем, согласованных с над- и подсистемами, и, во-вторых, согласовывать ее со всеми заинтересованными лицами.

Следует также отметить, что каждая из заинтересованных сторон имеет свое видение проблемы, отношение к ней. Поэтому при формулировании комплекса проблем необходимо учитывать, какие изменения и почему хочет внести та или другая сторона. Кроме того, проблему необходимо рассматривать всесторонне, в том числе и во временном, историческом плане. Требуется предвидеть, как сформулированные проблемы могут измениться с течением времени или в связи с тем, что исследование интересует руководителей другого уровня. Формулируя комплекс проблем, системный аналитик должен дать развернутую картину того, кто заинтересован в том или ином решении.

Определение целей

После того, как сформулирована проблема, которую требуется преодолеть в ходе выполнения системного анализа, переходят к определению цели. Определить цель системного анализа - это означает ответить на вопрос, что надо сделать для снятия проблемы. Сформулировать цель - значит указать направление, в котором следует двигаться, чтобы разрешить существующую проблему, показать пути, которые уведут от существующей проблемной ситуации.

Формулируя цель, требуется всегда отдавать отчет в том, что она имеет активную роль в управлении. В определении цели было отражено, что цель - это желаемый результат развития системы. Таким образом, сформулированная цель системного анализа будет определять весь дальнейший комплекс работ. Следовательно, цели должны быть реалистичны. Задание реалистичных целей направит всю деятельность по выполнению системного анализа на получение определенного полезного результата. Важно также отметить, что представление о цели зависит от стадии познания объекта, и по мере развития представлений о нем цель может быть переформулирована. Изменение целей во времени может происходить не только по форме, в силу все лучшего понимания сути явлений, происходящих в исследуемой системе, НО и по содержанию, вследствие изменения объективных условий и субъективных установок, влияющих на выбор целей. Сроки изменения представлений о целях, старения целей различны и зависят от уровня иерархии рассмотрения объекта. Цели более высоких уровней долговечнее. Динамичность целей должна учитываться в системном анализе.

При формулировании цели нужно учитывать, что на цель оказывают влияние как внешние по отношению к системе факторы, так и внутренние.

При этом внутренние факторы являются такими же объективно влияющими на процесс формирования цели факторами, как и внешние.

Далее следует отметить, что даже на самом верхнем уровне иерархии системы имеет место множественность целей. Анализируя проблему, необходимо учитывать цели всех заинтересованных сторон. Среди множества целей желательно попытаться найти или сформировать глобальную цель. Если этого сделать не удастся, следует проранжировать цели в порядке их предпочтения для снятия проблемы в анализируемой системе.

Исследование целей заинтересованных в проблеме лиц должно предусматривать возможность их уточнения, расширения или даже замены. Это обстоятельство является основной причиной итеративности системного анализа.

На выбор целей субъекта решающее влияние оказывает та система ценностей, которой он придерживается, поэтому при формировании целей необходимым этапом работ является выявление системы ценностей, которой придерживается лицо, принимающее решение. Так, например, различают технократическую и гуманистическую системы ценностей. Согласно первой системе природа провозглашается как источник неисчерпаемых ресурсов, человек - царь природы. Всем известен тезис: «Мы не можем ждать милостей от природы. Взять их у нее наша задача». Гуманистическая система ценностей говорит о том, что природные ресурсы ограничены, что человек должен жить в гармонии с природой и т.д. Практика развития человеческого общества показывает, что следование технократической системе ценностей приводит к пагубным последствиям. С другой стороны, полный отказ от технократических ценностей тоже не имеет оправдания. Необходимо не противопоставлять эти системы, а разумно дополнять их и формулировать цели развития системы с учетом обеих систем ценностей.

Технократическая система ценностей	Гуманистическая система ценностей
Природа как источник неограниченных ресурсов	Природные ресурсы ограничены
Превосходство над природой	Гармония с природой
Природа враждебна или нейтральна	Природа дружелюбна
Управляемая внешняя среда	Окружающая среда в хрупком равновесии
Информационно-технологическое развитие общества	Социокультурное развитие
Рыночные отношения	Общественные интересы
Риск и выигрыш	Гарантии безопасности
Индивидуальное самообеспечение	Коллективистская организация
Разумность средств	Разумность целей
Информация, запоминание	Знания, понимание
Образование	Культура

В процессе определения целей при анализе сложных проблем в социально-гуманитарной сфере рационально использовать все хорошее, что имеется в технократической системе ценностей. Но при ведущей роли гуманистической системы. Учет системы ценностей во многом определяет конфигурацию, т.е. «языки», на которых будут проводиться последующие этапы системного анализа.

Необходимо учитывать множественность целей. В этом плане основными являются три аспекта.

Первый аспект заключается в том, что для решения многих сложных проблем главная цель может состоять из нескольких целей. В связи с этим в начале параграфа было отмечено, что для сокращения речь будет вестись о главной цели, подразумевая возможность ее множественности.

Второй аспект состоит в том, что проблемосодержащая система входит в качестве подсистемы в надсистему и сама состоит из подсистем и элементов. На высшем уровне такой иерархии можно выделить метасистему. Иерархической структуре систем соответствует иерархия целей. Общим подходом к определению целей для систем различных уровней является декомпозиция главной цели сложной системы на цели более низких уровней. Отсюда следует, что при определении главной цели при анализе конкретной проблемы для проблемосодержащей системы необходимо учитывать, прежде всего, главную цель надсистемы. Кроме того, отдельную сложную проблему, например, стратегического уровня, как правило, декомпозируют в иерархию частных проблем различных уровней, решение которых обеспечивает решение общей проблемы. Естественно,

что иерархическому представлению общей проблемы соответствует иерархия частных целей различных уровней.

В примере определения цели для проблемы выбора спутника жизни было показано влияние целей общества и государства, как более высоких по рангу систем, на определение целей применительно к созданию самой простой их подсистемы — семьи. Аналогичная картина имеет место и для соотношения целей отдельных стран и мирового сообщества. Каждая из стран вправе определять собственный путь развития с учетом своих особенностей, иметь различные типы экономики, свои политическую систему, общественное и государственное устройство и т.п. Однако их главные цели должны определяться в рамках рациональных глобальных целей мирового сообщества.

Вместе с тем, существует и обратное влияние целей нижестоящих по рангу систем на определение главных целей надсистем, которое должно учитываться. Например, в настоящее время на главные цели мирового сообщества и отдельных стран существенное влияние оказывают интересы и цели людей и их семей. Большинство стран мира сейчас признало приоритет общечеловеческих ценностей. В том числе большую, можно сказать первостепенную значимость интересов и целей человека и его семьи при определении своих главных целей. Это закономерно, так как мировая цивилизация сможет выжить и развиваться, если центральное место в ее глобальных целях будет занимать здоровье и благополучие человека.

Однако история человечества свидетельствует порой об обратном. Например, в отдельные периоды в бывшем Советском Союзе человек рассматривался как своеобразный «винтик» партийно-государственной машины, интересы и жизнь которого всецело подчинялись целям этой машины. Так, не могут не поразить свидетельства участников известных учений с применением атомной бомбы в Тоцких лагерях в связи с 60-й годовщиной со дня их проведения. Они рассказали, что к образцам вооружения и военной техники, расположенных для испытаний на различных расстояниях от эпицентра взрыва, были прикованы люди, погибшие в атомном аду. Предположительно, заключенные, осужденные на смертную казнь.

Третий аспект множественности обусловлен недостаточной их определенностью и необходимостью для сложных проблем альтернативного подхода к их определению с последующим выбором из альтернатив. В работах приводятся некоторые рекомендации по формированию главных альтернатив-целей. Однако следует обратить внимание на то, что стратегическое планирование предусматривает использование на

начальном этапе полновесной системно-аналитической процедуры по сложной частной проблеме, решение которой заключается в обосновании рационального варианта главной цели. Данное обстоятельство позволяет констатировать, что разработка (генерирование) альтернатив-целей подчиняется общим закономерностям генерирования любых альтернатив. Конечно, при наличии своей специфики.

Нельзя допускать подмены целей средствами их достижения. Это важно, так как подобная подмена происходит нередко. Так, известен пример попытки решения проблемы «где разместить новую больницу». Ее суть заключалась в том, что на медицинское обслуживание населения были выделены бюджетные средства. Единственным способом их использования для улучшения медицинского обслуживания априори считали строительство новой больницы. Отсюда вытекла приведенная выше формулировка проблемы. В качестве главной цели был определен выбор места строительства новой больницы, а альтернатив — места ее строительства.

При углубленном изучении проблемной ситуации было установлено, что существующих больниц вполне достаточно. Действительная проблема состояла в невысоком уровне медицинского обслуживания населения, а цель — в повышении его до необходимого или приемлемого уровня. Альтернативными средствами были строительство новой больницы (оно оказалось не самым предпочтительным), проведение профилактических мероприятий, повышение квалификации и качества работы медицинского персонала, приобретение нового медицинского оборудования, улучшение обеспеченности лечебных учреждений медикаментами и др. В соответствии с этим была сформулирована настоящая проблема, правильно определена цель и выбран рациональный вариант использования выделенных бюджетных средств.

При определении целей следует избегать их смешения. Чаще всего это явление имеет место, когда специалисты, имеющие высокую профессиональную подготовку в одной сравнительно ограниченной сфере, навязывают всем остальным при решении проблем свое видение фрагментов действительности и подменяют истинные цели своими. Смешение целей может быть явным и неявным.

П. Риветт привел пример явного смешения целей в связи со строительством очень элегантного здания в городке университета графства Сассек. Это здание в 1965 г. получило золотую медаль Королевского Общества Архитекторов. И если бы целью строительства было создание архитектурного шедевра, то все было бы нормально. Однако

здание было предназначено для учебных и административных целей, но именно для этих целей его внутренняя планировка была непригодна.

Пример неявного смещения целей приведен А. Вольштеттером. «Отцам» города хотелось добиться одновременно двух Целей: уменьшить число нарушений правил дорожного движения и наказывать штрафами для пополнения казны как можно большее количество нарушителей. Эти цели достигались двумя хорошо известными способами — полицейской засадой или открытым патрулированием улиц. Засады позволяют поймать большее количество нарушителей, но мало снижают число нарушений. Патрулирование снижает число нарушений и, следовательно, количество пойманных нарушителей.

Явное и неявное смещение целей происходит по причине сложности правильного их определения, наличия различных точек зрения и навязывания их другим, стремления достичь одновременно нескольких, не согласующихся между собой целей и т.д. Основная их особенность — отсутствие, как правило, злого умысла, непреднамеренность. Для человеческой деятельности, особенно в сфере большой политики, еще характерна преднамеренная подмена целей. Ярким примером такой подмены являются решения ряда международных проблем администрацией США и их близких союзников. Например, в отношении Югославии и Ирака. При этом выдвигаются внешне благородные цели — обеспечение нрав человека и демократическое развитие обеих стран, а по отношению к Ираку — и ликвидация угрозы применения оружия массового поражения. Но для здравомыслящего человека ясна сознательная подмена целей. В отношении Югославии — устранения на Балканах режима, не в полной мере контролируемого США и НАТО, так как до сих пор не найдены доказательства этнических чисток сербов по отношению к албанцам. А в отношении Ирака — установление США своего контроля над гигантскими нефтяными запасами этой страны и региона, так как в результате агрессии нарушений прав человека стало неизмеримо больше, ведь то, что у Ирака нет оружия массового поражения, организаторам агрессии было хорошо известно до ее развязывания.

При проведении системно-аналитических процедур должна учитываться возможность изменения целей с течением времени. При этом необходимо отметить два аспекта такого изменения.

Во-первых, системный анализ характеризовался как сложная итеративная процедура, которая могла повторяться не один раз в полном формате или начиная с любого промежуточного этапа, в том числе со второго — определения или уточнения главной цели.

Во-вторых, главные цели могут изменяться в виду динамики решаемых проблем. Стратегические цели изменяются сравнительно медленно. Гораздо более высокая динамика присуща целям более низких уровней, особенно тактических.

Характеристика иерархического представления проблемных ситуаций в виде «деревьев» целей

При использовании этой иерархии проблемная ситуация представляется в виде многоуровневого связного графа целей, вид которого показан на рис. 2.2. На вершине графа цель высшего ранга (нулевого) — главная (глобальная, генеральная) цель X , Достижение которой обеспечивает решение проблемы. На промежуточных уровнях (стратах) находятся цели более низких рангов — частные цели. Главная цель и все частные цели находятся между собой в связях (на рисунке они показаны дугами или Ребрами). Каждая из нижестоящих частных целей является средством достижения вышестоящих целей. Множество дуг графа представляет собой отношения условий достижения целей верхнего уровня — условием $И$. Это означает, что любая цель верхнего уровня достигается только тогда, когда достигаются все связанные с ней частные цели нижнего уровня.

Такое иерархическое представление проблемных ситуаций еще называется «деревом» решений. Это обусловлено тем, что для организационных систем каждая частная цель достигается ее подсистемой на основе реализации частного решения, принимаемого органом управления подсистемы. Деятельность одного человека по достижению какой-либо цели (решению проблемы), как правило, также включает последовательное достижение нескольких частных целей на основе принимаемых частных решений.

Следовательно, «деревья» целей используются при обосновании решений по проблемам как стратегического, так и тактического уровней. Конечно, обоснование решений по проблемам стратегического уровня гораздо сложнее и ответственней.

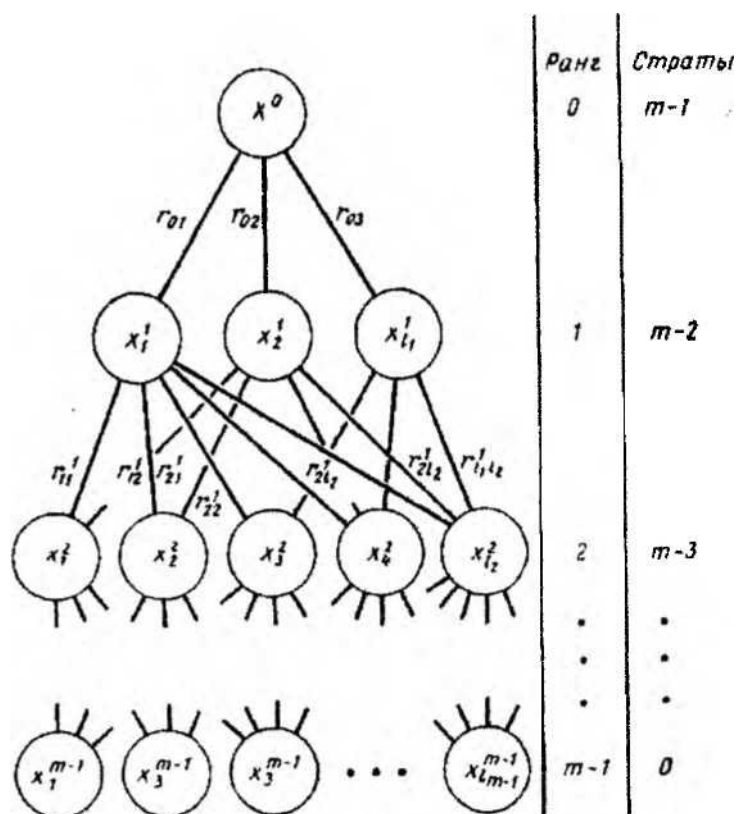


Рис. 2.2. Представление проблемной ситуации в виде «дерева» целей

Для проведения стратегической операции формируется очень сложное «дерево» целей, т.е. принимается целый комплекс решений. Обоснование такого комплекса решений называется планированием. В процедуре стратегического планирования, осуществляющегося, как правило, программно-целевым методом, системный анализ используется для решения двух взаимосвязанных задач:

- обоснования главной цели;
- обоснование способов достижения главной цели — частных целей как средств ее достижения, получаемых декомпозицией главной цели в «дерево» целей.

Обоснование главной цели основывается на прогнозировании, разработке альтернативных сценариев — возможных ситуаций будущего на некотором интервале времени — и выборе наиболее вероятного сценария. Декомпозиция главной цели заключается в рассмотрении альтернативных вариантов «дерева» целей, построенных с логикой И/ИЛИ, и последующем выборе лучшего из них с логикой И.

Формирование и анализ «дерева» целей является основным методическим средством в первой американской методике системного анализа ПАТТЕРН.

Вопросы стратегического планирования сложны, специфичны, требуют специального изложения и выходят за рамки системного анализа, хотя, как показано выше, системно-аналитические процедуры являются основным методическим средством в планировании. В данной работе рассматривается системный анализ применительно к обоснованию решений по отдельным проблемам. В их числе могут быть частные проблемы по определению частных целей в «дереве» целей, полученного декомпозицией главной цели стратегического уровня.

Характеристика иерархического представления проблемных ситуаций в виде уровней их компонентов

Существуют различные виды иерархического представления проблемных ситуаций. Основным видом иерархий, широко применяемых в системно-аналитических процедурах, являются доминантные иерархии. Они предусматривают представление проблемных ситуаций в виде перевернутого дерева с главной целью наверху и нижележащих уровней компонентов.

При рассмотрении этапов операционного исследования для хорошо структурированных проблем их иерархическое представление в виде уровней компонентов, как правило, не рассматривается. В этом просто нет нужды из-за его простоты, так как иерархическое представление таких проблем включает три компонента: «цель — критерий — альтернативы». Связи между компонентами отражаются объективной моделью.

Слабоструктурированные проблемные ситуации также декомпозируются в иерархию из трех уровней: «главная цель — критерии — альтернативы». Очень важно, что промежуточный уровень представляет собой вектор частных критериев. Это означает, что частные критерии находятся между собой в связях и отношениях «согласования» или «равноценности», т.е. их важности соизмеримы между собой. Критерий в такой иерархии понимается в общенаучном смысле, т.е. как средство для суждения о привлекательности альтернатив. Критериев должно быть столько, чтобы они обеспечили корректную связь альтернатив с целью. Их выбор является неформальным и не всегда простым делом. Каждый из частных критериев векторного критерия характеризуется частным количественным показателем. В этой связи критерии и показатели часто отождествляются — критериями называются частные показатели привлекательности альтернатив. Для сравнения альтернатив по критериям и выбора лучшей из них используется специально разрабатываемое решающее правило. В иерархическом представлении слабоструктурированной проблемы связи между целью, критериями и альтернативами также отражаются моделью.

Гораздо сложнее слабоструктурированных проблем являются проблемы неструктурированные. В соответствии с этим значительно сложнее и их иерархическое представление. Вариант иерархического представления сложной неструктурированной проблемой ситуации приведен на рис. 2.3 и в общем случае включает три компонента:

- 1-й — главная цель;
- 2-й — промежуточные уровни;
- 3-й — альтернативные пути или способы достижения главной цели.



Рис. 2.3. Декомпозиция сложной неструктурированной проблемной ситуации в доминантную иерархию

На первом уровне (в фокусе) декомпозированной проблемы находится главная цель.

На самом нижнем уровне иерархии находятся варианты (альтернативы) решения проблемы. При решении проблем оценки качества это могут быть варианты оцениваемой сложной системы, образцы какого-либо изделия, отличающиеся друг от друга интенсивностью свойств. При решении других проблем вариантами являются альтернативные пути и способы действий, отличающиеся друг от друга целевыми результатами, характеризующими степень достижения цели, затратами ресурсов и времени и т.д.

Промежуточные уровни иерархии могут состоять из уровней частных критериев, акторов, способов действий акторов (их политик), частных целей, ограничений и др. Элементы, находящиеся на этих уровнях, по своей сути представляют существенные свойства объектов или факторы, которые

вливают на сравнение и выбор лучших или пригодных альтернатив. Частные цели являются локальными целями, достижение которых обеспечивает достижение целей более высокого уровня.

Составляющие каждого нижестоящего промежуточного Уровня подчинены вышестоящему уровню иерархии, находятся в связях с составляющими вышестоящего уровня и имеют определенные степени влияния на эти составляющие. Каждый элемент вышестоящего уровня является, как правило, критерием для всех элементов нижестоящего уровня. Из этого следует, что для неструктуризованных проблем понятие критерия имеет общенаучную трактовку: под критериями понимают именно свойства объектов или факторы как средства для выработки суждений. Кроме того, есть основания утверждать, что промежуточные уровни в иерархии в целом представляют собой сложный иерархический критерий, связывающий альтернативы с целью.

В предыдущем пункте было отмечено, что в процессе планирования системный анализ используется для решения двух проблем — определения главной цели и способов ее достижения. Для решения этих проблем могут использоваться соответственно два типа доминантных иерархий: иерархия прямого процесса и иерархия обратного процесса. В общем случае критерий для обоих типов иерархий является сложным иерархическим. Рекомендации по выбору частных критериев и формированию из них иерархического критерия будут рассмотрены ниже.

Следовательно, если иерархия хорошо структуризованной проблемной ситуации содержит на промежуточном уровне один компонент, то иерархия слабоструктуризованной включает один промежуточный уровень с несколькими элементами, а неструктуризованной — может содержать несколько промежуточных уровней. При этом для слабо структуризованных и неструктуризованных проблем под критериями понимаются существенные свойства и факторы, используемые для выработки суждений о привлекательности альтернатив, так как решающее правило для выделения лучших вариантов для каждой проблемы разрабатывается одно.

Декомпозиция проблемы в иерархию является наиболее сложным и ответственным, центральным этапом анализа. В ее результате ведь формируется основа концептуальной модели решения проблемы. Если основа модели построена неверно, то дальнейшие исследования теряют смысл: правильное решение проблемы определено не будет. Как было отмечено выше, промежуточных уровней в декомпозиции может быть от одного до нескольких: все зависит от сложности и особенностей конкретной проблемы и путей и способов ее решения. Существует только одно

универсальное требование к промежуточным уровням: их число, количество и содержание составляющих на каждом уровне, отношения и связи между составляющими должны обеспечить корректную связь альтернатив с главной целью.

Построить корректное иерархическое представление неструктурированной проблемы непросто. В решения этой задачи привлекаются, как правило, группы экспертов. Работа экспертов организовывается таким образом, чтобы, прежде всего, в максимально возможной мере исключить «минусы», присущие экспертизам (зависимость и заинтересованность экспертов, влияние научных авторитетов и старших по служебному положению и др.). Вариантов организации работы экспертов может быть несколько, но, обычно, ее суть сводится либо к открытым дискуссиям, либо к сочетанию периодов анонимной работы экспертов при наличии обратной связи, позволяющей экспертам изучать обезличенные мнения коллег по экспертизе, с открытыми дискуссиями. При этом иерархическая модель решения проблемы подвергается логическому анализу на корректность (непротиворечивость, полноту, избыточность). В результате нескольких циклов такой работы эксперты должны прийти к консенсусу (соглашению) по структуре рациональной модели решения проблемы. Если консенсус экспертами не достигнут, то это означает, что или проблема в настоящее время не может быть решена, или группа экспертов недостаточно компетентна, и надо формировать новую группу. Различные варианты организации работы экспертов реализуются в конкретных логико-эвристических методах, некоторые из которых будут рассмотрены или охарактеризованы в последующих главах работы.

После того, как проблемная ситуация декомпозирована на компоненты, используются методы теории принятия решений при многих критериях. При этом ЛПР и специалистами уже определена главная цель, сформированы критерии и альтернативы. Фактически методами теории принятия решений необходимо осуществить выбор лучших альтернатив из числа разработанных. Для этого формируется решающее правило с учетом информации о предпочтениях ЛПР. Следовательно, если при декомпозиции проблемной ситуации допущена ошибка, то при самом хорошо обоснованном решающем правиле получить доброкачественное Решение невозможно.

Следовательно, при иерархическом представлении слабоструктурированных и неструктурированных проблемных ситуаций первостепенную значимость имеет правильное формирование векторного

или сложного иерархического критерия и разработка (генерирование) допустимых альтернатив.

Формирование критериев

Критерий - это способ сравнения альтернатив. Необходимо различать понятия критерий и критериальная функция. Критерием качества альтернативы может служить любой ее признак, значение которого можно зафиксировать в порядковой или более сильной шкале. После того как критерий сформирован, т.е. найдена характеристика, которая будет положена в основу сравнения альтернатив, появляется возможность ставить задачи выбора и оптимизации.

Задача формирования критериев решается непосредственно после того, как сформулированы цели системного анализа. Ситуация становится понятной, если к критериям относиться как к количественным моделям качественных целей. Задача системного аналитика состоит в том, чтобы формализовать проблемную ситуацию, возникающую в ходе системного анализа. Этой цели как раз и служит этап формирования критериев. Сформированные критерии в некотором смысле должны заменять цели. От критериев требуется как можно большее сходство с целями, чтобы оптимизация по критериям соответствовала максимальному приближению к целям. Выполняя данный этап, необходимо сознавать, что критерии не могут полностью совпадать с целями. Одной из причин этого является то, что критерии и цели формулируются в разных шкалах: цели в номинальных, критерии в более сильных, допускающих упорядочение. Критерий является отображением ценностей, воплощенных в целях, на параметры альтернатив, допускающие упорядочение. Определение значения критерия для данной альтернативы является косвенным измерением степени ее пригодности как средства достижения цели.

Обсуждая вопрос формирования критериев, следует сказать, что это достаточно трудная и серьезная задача. Редко бывает так, что решение лежит на поверхности. Зачастую для формирования хорошего критерия, адекватно отражающего цель системного анализа, приходится прибегать к неформализуемым процедурам. Неформализуемые, творческие, эвристические этапы играют важную роль в процессе формирования критериев. При решении задач системного анализа, возникает ситуация, когда невозможно предложить один критерий, адекватно отражающий цель исследования: даже одну цель редко удастся выразить одним критерием, хотя

к этому необходимо стремиться. Критерий, как и всякая модель, лишь приближенно отображает цель; адекватность одного критерия может оказаться недостаточной. Поэтому решение может состоять не обязательно в поиске более адекватного критерия, оно может выражаться в использовании нескольких критериев, описывающих одну цель по-разному и дополняющих друг друга. Еще более усложняется задача в случае, когда сформулировано несколько целей системного анализа, отражающих разные системы ценностей. В этом случае исследователь тем более вынужден формировать несколько критериев и в последующем решать многокритериальную задачу. Таким образом, можно отметить, что многокритериальность является способом повышения адекватности описания цели. Однако введение многокритериальности в задачах системного анализа не должно быть самоцелью. Качество постановки задачи заключается не только и не столько в количестве критериев, сколько в том, чтобы они достаточно адекватно описывали цель системного анализа. Критерии должны описывать по возможности все важные аспекты цели, но при этом желательно минимизировать число необходимых критериев.

Формирование критериев отражает цель, которую ставит заказчик. Но при постановке и решении задач системного анализа необходимо учитывать не только цели, на решение которых он направлен, но и возможности, которыми обладают стороны для решения поставленных задач и которые позволяют снять выявленные проблемы. В первую очередь, необходимо учитывать ресурсы, имеющиеся у сторон. К ресурсам следует отнести денежные ресурсы, которые заказчик согласен выделить системным аналитикам для решения поставленной задачи; ресурсы исполнителя - людские ресурсы, ресурсы вычислительные (наличие вычислительной техники, ее количество и т.д.), материальные ресурсы, требуемые для решения задач (например, наличие канцелярских товаров, транспорта, ресурсов связи); временные ресурсы (сроки решения задач системного анализа, как правило, оговариваются). При формулировке задачи системного анализа необходимо также учитывать интересы окружающей среды. Хотя окружающая среда и играет пассивную роль, необходимо учитывать, что любая система существует внутри нее, взаимодействует с ней. Поэтому при постановке задачи системного анализа необходимо следовать принципу не навредить, не предпринимать ничего, что противоречило бы законам природы. Чтобы удовлетворить условиям непревышения количества имеющихся ресурсов, в постановку задачи системного анализа вводят ограничения.

Между целевыми критериями и ограничениями имеются сходство и различия. Общее заключается в том, что и критерий, и ограничения являются математической формулировкой некоторых условий. В некоторых задачах оптимизации они могут выступать равноправно. Однако на этапе формирования целевой критерий открывает возможности для генерирования новых альтернатив в поисках лучшей из них, а ограничение заведомо уменьшает их число, запрещая некоторые из них. Одними целевыми критериями можно жертвовать ради других, ограничения же исключить нельзя, они должны четко соблюдаться. При формулировании задач системного анализа встречаются случаи, когда ограничения задаются завышенными. Это может привести к нереальности достижения целей системного анализа. В этом случае необходимо ставить вопрос об ослаблении ограничений. Приведем пример. Слишком высокие требования к характеристикам надежности системы могут привести к необходимости чрезвычайных дополнительных финансовых вложений. А это, в свою очередь, может привести к неэффективности разработки и эксплуатации объекта, для которого проводится анализ, и таким образом, формулируя ограничения, необходимо руководствоваться соображениями здравого смысла. В качестве приема, позволяющего найти наилучшие соотношения между критериями и ограничениями, можно порекомендовать использование итерационных процедур. После проведения определенных вычислений и установления факта завышенности требований, сформулированных в ограничениях, можно эти требования ослабить и попытаться решить задачу заново.

В заключение данного параграфа перечислим основные критерии, наиболее часто встречающиеся в анализе сложных технических систем. Это экономические критерии - прибыль, рентабельность, себестоимость; технико-экономические - производительность, надежность, долговечность; технологические - выход продукта, характеристики качества и пр.

Учитывая сложность неформальной процедуры выбора и формирования критериев, выработаны эвристические рекомендации, которые призваны облегчить ее выполнение.

1. При выборе критериев должно учитываться такое требование к ним как полнота охвата свойств цели и факторов внешней среды и ограничений на ресурсы. В противном случае перечень частных показателей привлекательности альтернатив не будет полным и не позволит адекватно их охарактеризовать. Свойств и факторов при обосновании решений по сложным проблемам можно выделить очень много. Соответственно, полное

их описание требует выбора соответствующего множества частных критериев.

2. Разработка решающего правила для сравнения альтернатив при очень большом количестве критериев затруднительна. Отсюда вытекает второе требование к выбору критериев, которое противоречит первому: при выборе частных критериев необходимо стремиться к минимизации их числа. Его выполнение достигается нахождением разумного компромисса между полнотой описания свойств цели и факторов внешней среды и ограничений на ресурсы и количеством частных критериев. При этом говорят о достаточной полноте описания, когда в нем учтены основные свойства и факторы, и приемлемом количестве частных критериев, при котором можно разработать корректное решающее правило.

3. Важным подспорьем при выборе и формировании критериев являются ряд методологических положений квалиметрии и теории эффективности. В квалиметрии это, прежде всего, положения о качестве и свойствах объектов, в том числе о структуре качества. Ведь очень часто, как было отмечено в параграфе выше, в качестве критериев выбираются именно существенные свойства целей. В теории эффективности с точки зрения выбора критериев значительный интерес представляют положения о векторе параметров целеполагания и показателе эффективности операций сложных систем. В первую очередь это относится к общей структуре параметров целеполагания и показателя, которая должна отразить необходимые три группы частных критериев, характеризующих соответственно целевой результат, затраты ресурсов и времени.

4. Системный анализ нередко применяется для обоснования решений по проблемам, которые соответствуют частным целям в «дереве» целей, которое построено декомпозицией главной цели стратегического уровня, т.е. частным проблемам. Разрешение частной проблемы означает достижение частной цели в интересах достижения цели более высокого уровня. Это означает наличие связи данной частной цели с целью более высокого уровня, а, следовательно, и связи критериев анализируемого и более высокого уровней. Отсюда следует, что при выборе критериев необходимо изучить критерии более высокого уровня, выявить и учесть связи с ними «своих» критериев.

5. Критерии должны быть содержательными, измеряться в порядковой или метрической шкале, иметь явный смысл. Нельзя допускать дублирования критериев и измерения разных критериев в одинаковых единицах или величинах. При выборе следует избегать критериев, которые являются зависимыми по предпочтению.

6. Необходимо использовать опыт выбора и формирования критериев при анализе сложных проблем по родственной проблематике. Несмотря на уникальность слабоструктуризованных и неструктуризованных проблем некоторая часть критериев для родственных проблем может совпадать. Например, известно мнение Э. Квейда, что наиболее часто в анализе сложных технических систем встречаются следующие критерии: финансовые (прибыль, стоимость и т.д.); объемные (количество продукта); технические качества (эффективность функционирования, надежность и т.д.); живучесть (совместимость с другими системами, гибкость или приспособляемость, стойкость против морального старения, безопасность и т.д.) и др.

Критерии при анализе образцов вооружения и военной техники связываются с их основными свойствами: боевой эффективностью, стойкостью, живучестью, мобильностью, маневренностью, маскируемостью, скрытностью, транспортабельностью, надежностью, безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью, сохраняемостью, безопасностью при эксплуатации, универсальностью, совместимостью с сопрягаемыми системами, обитаемостью, эргономичностью.

В работах имеются общие рекомендации по выбору частных критериев и формированию сложного иерархического критерия для доминантных иерархий прямого и обратного процессов, использующихся в процедурах планирования.

9. Генерирование альтернатив

Следующим этапом системного анализа является создание множества возможных способов достижения сформулированной цели. Иными словами, на данном этапе необходимо сгенерировать множество альтернатив, из которых затем будет осуществляться выбор наилучшего пути развития системы. Данный этап системного анализа является очень важным и трудным. Важность его заключается в том, что конечная цель системного анализа состоит в выборе наилучшей альтернативы на заданном множестве и в обосновании этого выбора. Если в сформированное множество альтернатив не попала наилучшая, то никакие самые совершенные методы анализа не помогут ее вычислить. Трудность этапа обусловлена необходимостью генерации достаточно полного множества альтернатив, включающего в себя, на первый взгляд, даже самые нереализуемые.

Генерирование альтернатив, т.е. идей о возможных способах достижения цели, является настоящим творческим процессом. Существует

ряд рекомендаций о возможных подходах к выполнению рассматриваемой процедуры. Необходимо сгенерировать как можно большее число альтернатив. Имеются следующие способы генерации [1]:

- а) поиск альтернатив в патентной и журнальной литературе;
- б) привлечение нескольких экспертов, имеющих разную подготовку и опыт;
- в) увеличение числа альтернатив за счет их комбинации, образования промежуточных вариантов между предложенными ранее;
- г) модификация имеющейся альтернативы, т.е. формирование альтернатив, лишь частично отличающихся от известной;
- д) включение альтернатив, противоположных предложенным, в том числе и «нулевой» альтернативы (не делать ничего, т.е. рассмотреть последствия развития событий без вмешательства системотехников);
- е) интервьюирование заинтересованных лиц и более широкие анкетные опросы;
- ж) включение в рассмотрение даже тех альтернатив, которые на первый взгляд кажутся надуманными;
- з) генерирование альтернатив, рассчитанных на различные интервалы времени (долгосрочные, краткосрочные, экстренные).

При выполнении работы по генерированию альтернатив важно создать благоприятные условия для сотрудников, выполняющих данный вид деятельности. Большое значение имеют психологические факторы, влияющие на интенсивность творческой деятельности, поэтому необходимо стремиться к созданию благоприятного климата на рабочем месте сотрудников.

Существует еще одна опасность, возникающая при выполнении работ по формированию множества альтернатив, о которой необходимо сказать. Если специально стремиться к тому, чтобы на начальной стадии было получено как можно больше альтернатив, т.е. стараться сделать множество альтернатив как можно более полным, то для некоторых проблем их количество может достичь многих десятков. Для подробного изучения каждой из них потребуются неприемлемо большие затраты времени и средств. Поэтому в данном случае необходимо провести предварительный анализ альтернатив и постараться сузить множество на ранних этапах анализа. На этом этапе анализа применяют качественные методы сравнения альтернатив, не прибегая к более точным количественным методам. Тем самым осуществляется грубое отсеивание.

Приведем теперь методы, используемые в системном анализе, для проведения работы по формированию множества альтернатив.

Методы коллективной генерации идей

Методы коллективной генерации идей известны также, как методы мозгового штурма или мозговой атаки. Данный метод является методом систематической тренировки творческого мышления, нацеленным на открытие новых идей и достижение согласия группы людей на основе интуитивного мышления. Техника мозгового штурма состоит в следующем. Собирается группа лиц, отобранных для генерации альтернатив. Главный принцип отбора заключается в подборе специалистов разных профессий, опыта работы и квалификации. Данная группа обсуждает проблему, причем заранее оговаривается, что приветствуются любые идеи, возникшие как индивидуально, так и по ассоциации при выслушивании предложений других участников. Приветствуются даже идеи, лишь незначительно улучшающие высказывания предыдущих выступающих. При обсуждении придерживаются ряда правил:

- необходимо обеспечить как можно большую свободу мышления участников мозгового штурма и высказывания ими новых идей;
- допускается высказывание любых идей, даже если вначале они кажутся сомнительными и абсурдными;
- не допускается критика, не объявляется ложной и не прекращается обсуждение ни одной идеи;
- приветствуется высказывание как можно большего числа идей, особенно нетривиальных.

Разработка сценариев

В некоторых проблемах искомое решение должно описывать реальное поведение объекта в будущем, определять реальный ход событий. В таких случаях альтернативами являются различные последовательности действий и вытекающих из них событий, которые могут произойти с системой в будущем. Эти последовательности имеют общее начальное состояние и различные траектории движения развития системы. Это различие и приводит к проблеме выбора. Такие гипотетические альтернативные описания поведения системы в будущем называются **сценариями**. Сценарии-альтернативы - это логически обоснованные модели поведения проблемосодержащей системы в будущем, которые после принятия решения можно рассматривать как прогноз изменения состояний системы. Разработка сценариев относится к типичным неформализуемым процедурам. Для составления сценариев привлекаются специалисты, которые должны знать общие закономерности развития систем. При составлении сценариев

проводят анализ внутренних и внешних факторов, влияющих на развитие системы, определяют источники этих факторов, целенаправленно анализируют высказывания ведущих специалистов в научных публикациях по рассматриваемой тематике. Сценарий является предварительной информацией, на основе которой проводится дальнейшая работа по прогнозированию развития системы. Сценарий помогает составить представление о проблеме; затем приступают к более тщательным, как правило, количественным процедурам анализа.

Морфологические методы

Основная идея морфологических методов состоит в систематическом переборе всех мыслимых вариантов решения проблемы или развития системы путем комбинирования выделенных элементов или их признаков. Системный аналитик определяет все мыслимые параметры, от которых может зависеть решение проблемы и представляет их в виде матриц-строк. Затем в этой матрице определяются все возможные сочетания параметров по одному из каждой строки. Полученные таким образом варианты подвергаются оценке и анализу с целью выбора наилучшего варианта решения проблемной ситуации. Методологию морфологического анализа можно проиллюстрировать на примере, касающемся разработки системы телевизионной связи. Рассмотрим табл.2.1, которая порождает различные возможные системы телевизионной связи. Современному телевизионному вещанию соответствует только одна альтернатива. Таким образом, анализируя данную таблицу, можно сказать, что у телевидения широкие возможности для дальнейшего развития.

Таблица 2.1

Независимая переменная	Значение переменной
Цвет изображения	Черно-белое Одноцветное Двухцветное Трехцветное Семицветное
Размерности изображения	Плоское изображение Объемное изображение
Градация яркости	Непрерывные Дискретные
Звуковое сопровождение	Без звука Монофонический звук

	Стереофонический звук
Передача запахов	Без передачи запахов С сопровождением запахов
Наличие обратной связи	Без обратной связи С обратной связью

Деловые игры

Деловыми играми называется имитационное моделирование реальных ситуаций. В процессе моделирования участники игры ведут себя таким образом, будто они в реальности выполняют порученную им роль.

Реальная ситуация в данном случае заменяется некоторой моделью. Чаще всего деловые игры используются для обучения, однако их с успехом применяют и для экспериментального генерирования альтернатив, особенно в слабо формализованных ситуациях. Важная роль в деловых играх отводится руководителю игры, тому, кто управляет моделью, регистрирует ход игры и обобщает ее результаты.

Методы экспертного анализа

Методы экспертного анализа разрабатывались для решения задачи структурирования и системной организации процесса получения и кодирования данных и знаний, источником которых является человек-эксперт. Методы экспертного анализа применяются для решения слабоформализованных задач. Суть методов состоит в подборе группы экспертов, являющихся специалистами в рассматриваемой области знаний. Перед ними формулируется задача, скажем, изложить свое мнение по проблеме, требующей решения, предложить пути развития системы, обосновать траекторию изменения состояний системы в будущем и т.п. После получения ответов появляется как бы коллективное мнение, коллективный взгляд на решаемую проблему. В результате обработки экспертных ответов получают наиболее вероятный прогноз по развитию системы.

Метод «Дельфи»

Метод «Дельфи» - итеративная процедура при проведении мозговой атаки, которая должна снизить влияние психологических факторов при проведении обсуждений проблемы и повысить объективность результатов. В отличие от традиционного подхода к достижению согласованности мнений

экспертов путем открытой дискуссии метод «Дельфи» предполагает полный отказ от коллективных обсуждений. Это делается для того, чтобы уменьшить влияние таких психологических факторов как присоединение к мнению наиболее авторитетного специалиста, нежелание отказаться от публично выраженного мнения, следование за мнением большинства. В методе «Дельфи» прямые дебаты заменены тщательно разработанной программой последовательных индивидуальных опросов, проводимых в форме анкетирования. Ответы экспертов обобщаются и вместе с новой дополнительной информацией поступают в распоряжение экспертов, после чего они уточняют свои первоначальные ответы. Такая процедура повторяется несколько раз до получения приемлемой сходимости совокупности высказанных мнений.

Методы типа дерева целей

Метод типа дерева целей или дерева направлений прогнозирования подразумевает использование иерархической структуры, полученной путем разделения общей цели на подцели, а их, в свою очередь, на более детальные составляющие - новые подцели, функции и т.д. Древовидные иерархические структуры используются при исследовании вопросов совершенствования организационных систем.

Таким образом, рассмотрены методы, которые находят применение при решении задачи генерирования альтернатив. Важным моментом при решении данного вопроса является итеративность. Суть ее состоит в том, что на любой последующей стадии системного анализа должна быть возможность порождения новой альтернативы и включения ее в состав анализируемых. При рассмотрении слабоструктурированных проблем в качестве метода анализа используют следующий подход. Берут за основу одну подходящую альтернативу и производят ее пошаговое улучшение.

Рекомендации по разработке альтернатив

Весьма важным неформальным этапом системного анализа является разработка, генерирование альтернатив. Это обуславливается тем, что на шестом этапе анализа используются для выбора из сформированных альтернатив методы теории принятия решений по многим критериям, которая «работает» с множеством представленных вариантов. И если в данном множестве отсутствуют лучшие альтернативы, то они не будут выделены, обоснованное решение по проблеме окажется далеким от лучшего. Многие специалисты считают, что формирование множества альтернатив является творческим и одним из трудных этапов системного

анализа. Например, А. Холл отмечал: «Стадия поиска идей представляет собой кульминационную точку решения задачи, ведь без идей нечего анализировать и выбирать». В связи с этим теоретики и методологи выработали ряд рекомендаций эвристического характера, которые являются обобщением их знаний и опыта, призваны помочь в выполнении данного непростого этапа системного анализа. Основные из них будут кратко охарактеризованы ниже.

В принципе, существует некоторое полное множество альтернатив, в котором содержатся все возможные альтернативы, в том числе и лучшие. Такое множество принято называть исходным или универсальным множеством альтернатив. Конечно, универсальное множество является абстракцией, так как для сложных проблемных ситуаций его сформировать нельзя из-за большой мощности этого множества. Однако понятие универсального множества ценно в том плане, что оно содержит в себе все лучшие альтернативы. Поэтому вполне рациональной, с точки зрения минимизации риска упустить даже отдельные лучшие альтернативы, видится установка на генерацию как можно большего количества альтернатив. Для этого могут использоваться различные способы. К основным из них относятся: поиск альтернатив в патентной и специальной литературе; использование группы экспертов, имеющих разностороннюю подготовку и опыт; увеличение числа альтернатив за счет их комбинирования; модификация (частичное отличие) альтернатив; интервьюирование и анкетные опросы специалистов; включение во множество даже тех альтернатив, которые кажутся надуманными и нереальными и др.

«Работать» с большим количеством альтернатив сложно, так как требуемые затраты времени и других ресурсов могут оказаться неприемлемыми. Поэтому амбивалентной, противоречащей изложенной выше является рекомендация по поиску способов сокращения числа альтернатив без потери лучших из них. Одним из таких способов является грубое «отсеивание» заведомо непригодных или неприемлемых альтернатив на основе качественной оценки. Обычно отсеиваются альтернативы, которые заметно уступают другим по каким-либо важным показателям, наименее Устойчивы к воздействию существенных факторов, менее надежны и адаптивны, сложны в реализации и т.д.

Если после грубого «отсеивания» альтернатив осталось много, то хорошие результаты дает их грубое ранжирование по качеству.

Специалисты по системному анализу считают, что неплохие результаты по генерированию и сокращению числа альтернатив дает работа группы экспертов, которой руководит системный аналитик. Такой подход

обеспечивает формирование множества так называемых допустимых альтернатив. Эти альтернативы являются рациональными и, с точки зрения достижения цели, реализуемыми. Число их небольшое, среди них должны быть лучшие альтернативы. Для выбора из допустимых альтернатив используются методы теории принятия решений при многих критериях.

Неплохо зарекомендовало себя для генерирования альтернатив использование таких методов, как «мозговой штурм», морфологический анализ, деловые игры, разработка сценариев и др.

«Мозговой штурм» предусматривает коллективную работу группы экспертов по выдвижению идей. При этом они поочередно выдвигают свои идеи. Ни одна идея не отвергается, не подвергается критике, фиксируется. Общий итог работы группы значительно превосходит суммарный итог генерирования альтернатив всех экспертов при их работе в одиночку. Это обуславливается повышением творческих способностей экспертов, так как выслушивание чужих идей наводит на что-то новое. Результаты «мозгового штурма» обобщаются, как правило, другой группой экспертов.

Морфологический анализ, как сравнительно простой и действенный способ генерирования альтернатив, разработал Ф. Цвикки. Он заключается в определении всех переменных, характеризующих, например, проектируемую систему, и перечислении возможных значений всех переменных. Альтернативы генерируются на основе набора сочетаний этих значений.

Деловые игры заключаются в моделировании реальных ситуаций. В его ходе участники игры выполняют функциональные обязанности на должностях, которые они занимают в действительности. Примерами таких игр являются административные игры, военные игры, работа на тренажерах операторов различных технических систем. При использовании для генерирования альтернатив деловых игр в них принимают участие контрольно-арбитражные группы, которые моделируют ситуации, регистрируют ход игры и обобщают ее результаты.

По многим проблемам, прежде всего касающихся вопросов управления сложными организационными или организационно-техническими системами, искомое решение должно отразить реальное развитие фрагментов действительности, которым принадлежит проблема, на некотором временном интервале будущего. В связи с этим возникает необходимость прогнозирования будущего течения событий — действий и состояния проблемосодержащей системы с учетом влияния различных факторов, в том числе внутрисистемных и внешней среды. Сложность и многочисленность факторов не позволяет сформировать один прогноз развития событий, обладающего высокой достоверностью. Поэтому приходится разрабатывать

альтернативные сценарии возможного развития. Сценарии представляют собой гипотетические варианты описания того, что может произойти в будущем, и основываются на познании и учете закономерностей развития исследуемой системы и внешней среды. Сценарии-альтернативы используются при определении главной цели. Выбранному наиболее вероятному сценарию соответствует наиболее правдоподобное развитие событий и, следовательно, обусловленная им главная цель.

На опыте формирования сценариев выработаны эвристические рекомендации. В их число входят следующие рекомендации:

- целесообразно вначале сформировать самый оптимистический и самый пессимистический сценарии. Они позволяют определить возможный диапазон развития событий и осуществить разработку в таких границах вероятных сценариев;

- рекомендуется сосредоточить внимание на учете основных факторов и закономерностях, характерных для всего временного промежутка прогнозирования и разработки сценариев. Особо нежелательно детализирование сценариев для ранних стадий развития ситуаций, так как они могут оказаться фрагментарными, ненадежными и непрактичными из-за своей частности, но значительно повлияют на общий прогноз;

- при разработке сценариев составление и учет как можно более полного перечня факторов, влияющих на ход событий, со специальным выделением акторов, которые контролируют эти факторы, преследуя свои интересы, нейтральны, способствуют или противодействуют достижению главной цели проблемосодержащей системе;

- разработанные сценарии должны учитывать не только внутрисистемные факторы и факторы внешней среды, но и ограничения на различные ресурсы.

Сложность и ответственность генерирования альтернатив обусловило использование для этой цели синектики. Она представляет собой метод коллективной творческой деятельности и учебного исследования, основанный на использовании интуитивно-образного, метафорического, ассоциативного мышления участников и поиске аналогий анализируемым проблемам. Применяйся, прежде всего, для решения сложных творческих задач и для обучения самому процессу творческого поиска. Синектика была разработана в конце 1950-х — начале 1960-х годов американским психологом У. Гордоном. Развивалась как совместная поисковая деятельность по решению проблем группами экспертов с использованием догадок, смелых гипотез и интуитивных решений. В отличие от «мозгового штурма» и морфологического анализа, нацеленных на генерирование как

большого числа альтернатив, синектика предусматривает разработку небольшого числа хорошо обоснованных альтернатив. А это могут сделать только эксперты-синекторы.

Обычно формируется группа из 5-7 человек. Отбор в группу осуществляется по признаку наличия творческих способностей, гибкости мышления, разностороннего практического опыта (предпочтение отдается лицам, владеющими несколькими профессиями или специальностями), психологической совместимости, общительности, подвижности. Сработавшись, постоянно ведет направленное обсуждение возможных аналогий с подлежащей решению проблеме. При этом предполагается использование не только трех видов подобия (прямого, косвенного, условного), но и на первый взгляд невероятных, фантастических аналогий. Например, различные интерпретации представления вещей, воображаемое перевоплощение в проектируемую систему, представление своего тела на месте разрабатываемого или совершенствуемого механизма и др. При этом создается атмосфера душевного подъема, для которой характерна раскрепощенность и интенсивный творческий труд. Сложность и творческий характер труда синекторов потребовали изучения его особенностей, в том числе в области психологии, и разработки правил работы. Были установлены следующие психологические трудности, свойственные начинающим синекторам:

- появление угрызений совести: деньги получаем не за работу, а как бы за хорошее времяпровождение;
- некоторое зазнайство после первой успешно решенной проблемы;
- нервное истощение вследствие умственного перенапряжения.

Основными правилами работы групп синекторов являются:

- не допускается обсуждение личных качеств (достоинств и недостатков) членов группы;
- при появлении даже незначительных признаков усталости каждый синектор имеет право прекратить работу;
- роль ведущего периодически переходит к другим членам группы.

В США функционирует специальная фирма «Синектикинкорпорейтед». Она занимается подготовкой и консультированием по синектике. Считается, что использование синектики требует длительной специальной подготовки. Группа из 5-6 человек, не завершивших курс подготовки, должна в течение года тратить четверть рабочего времени на обучение. Подготовленная группа того же состава, затрачивая все свое рабочее время, может за год найти приемлемые решения по четырем небольшим и двум крупным проблемам.

Успешность работы специалистов по генерированию альтернатив во многом зависит от создания благоприятных условий и стимулирования их нелегкого труда. При этом все факторы, способствующие или тормозящие творчество, принято делить на внешние и внутренние.

Из внешних факторов, являющихся основными и играющих роль своеобразных катализаторов, наиболее сильное влияние на творчество специалистов оказывают общественные условия, общий культурный фон, одобрение руководства или социальных групп, материальное и моральное стимулирование. Для реализации творческого потенциала синекторов важны также климатические и погодные условия, создание комфорта для работы (отсутствие мешающих шумов, других различных неудобств).

К внутренним (психологическим) факторам относятся:

- интеллектуальные преграды (стереотипы, инерционность мышления, подсознательные самоограничения, связанные с убеждениями, лояльностью и т.п.);
- эмоциональные преграды (увлеченность критикой других, боязнь критики, опасение отрицательных заключений руководства и заказчиков на предложенные альтернативы, приверженность к некоторым типам альтернатив, обусловленную, как правило, профилем основной подготовки специалиста и др.);
- неправильное восприятия явлений действительности (обычно это крайние проявления: либо воспринимается то, чего нет, либо не воспринимается то, что существует).

В результате выполнения четвертого этапа системного анализа формируются, как уже отмечалось выше, допустимые альтернативы. Особенности разработки альтернатив для второго направления системного анализа — допустимых стратегий проведения операций. Учитывая итеративный характер системного анализа, на его первой итерации могут быть сгенерированы не все, а только часть допустимых альтернатив. На последующих итерациях альтернативы могут уточняться и дополняться.

В заключение следует отметить, что в ней рассмотрены основные положения системного анализа, в том числе его неформальные этапы. Эти этапы в решающей мере определяют конечные результаты исследования. Кроме того, они сложны. В этой связи в системном анализе постоянно ведется поиск способов повышения достоверности выполнения неформальных его этапов, в которых сочетается наука и искусство. В первую очередь это относится к этапу декомпозиции сложных проблем на компоненты. В современном системном анализе значительное место занимают проблемы, связанные с обоснованием решений о качестве или

эффективности операций сложных систем. Декомпозиция таких проблем на компоненты в рамках системного анализа может быть значительно облегчена при знании основных положений квалиметрии (области науки, исследующей и осуществляющей на практике методы оценки качества объектов) и теории эффективности операций сложных систем. Данное обстоятельство обусловило необходимость первоочередного изложения основных аспектов квалиметрии и теории эффективности, в первую очередь методологических, чему и посвящены следующие две главы работы.

Нацеленность последующего изложения, прежде всего, на методологические положения и аспекты названных теорий не случайна. Это обусловлено тем, что любая теория включает в качестве компонентов исходную эмпирическую основу, исходную теоретическую основу, логико-методологический компонент и основной массив ее знаний. Попытка рассмотреть все даже основные положения квалиметрии и теории эффективности в одной работе просто нереальна. В то же время для характеристики системного анализа самыми главными являются логико-методологические компоненты этих теорий, прежде всего методологические положения и аспекты. Поэтому в дальнейшем основное внимание будет уделяться рассмотрению основных положений квалиметрии и теории эффективности операций сложных систем, имеющих, прежде всего, методологическую направленность. К таким положениям в первую очередь относятся предметы, понятия, методы и условия их применения данных отраслей знаний

Реализация выбора и принятия решений

Целевое предназначение всего системного анализа состоит в том, чтобы в результате осуществить выбор. Выбор или принятие решения есть суть поставленной задачи системного анализа, конечный итог всей работы. Заказчик формулирует перед системным аналитиком проблему. Его интересуют прагматичные вопросы, например, сформулировать мероприятия, которые гарантировали бы быстрое развитие предприятия с обеспечением максимальной прибыли, или же предложить наилучшее решение по обеспечению стабильного электроснабжения некоторого региона. Системный аналитик должен ответить на вопрос: «Что лучше - строить новую электростанцию или провести модернизацию действующей, но выработавшей свой ресурс? Какова будет надежность электростанции после проведения работ по модернизации? Будет ли на допустимом уровне риск от ее эксплуатации?». Заказчика, в общем-то, не интересует, каким

способом будет выработано то или иное решение. Для него важно, чтобы оно было обосновано и отвечало на поставленный вопрос.

Все описанные ранее этапы работ являлись предварительными, направленными на изучение проблемной ситуации. Для того, чтобы обоснованно подойти к решению задачи выбора анализируется система и строится ее модель, изучаются цели, которые ставит перед собой (и, естественно, системными аналитиками) заказчик, исследуются возможные пути развития системы, т.е. генерируются альтернативы. После столь тщательной проработки проблемной ситуации наступает завершающий этап - этап принятия решения. Процедура принятия решения представляет собой действие над множеством альтернатив, в результате которого получается подмножество выбранных альтернатив. Желательно, чтобы это была одна альтернатива. Сужение множества альтернатив возможно, если есть способ сравнения альтернатив между собой и определения наиболее предпочтительных. Для того чтобы имелась возможность сравнивать альтернативы, необходимо выработать критерий предпочтения. Проблема выбора сама по себе достаточно сложна. Она допускает существенно различающиеся математические постановки задач. Отметим основные сложности, возникающие при решении задач выбора и принятия решений:

- множество альтернатив может быть конечным, счетным или бесконечным;
- оценка альтернативы может осуществляться по одному или по нескольким критериям;
- критерии могут иметь количественное выражение или допускать только качественную оценку;
- режим выбора может быть однократным или повторяющимся, допускающим обучение на опыте;
- последствия выбора могут быть точно известны, иметь вероятностный характер или иметь неоднозначный исход, не допускающий введение вероятностей.

Различные сочетания перечисленных вариантов приводят к многообразным задачам выбора. Для решения задач выбора предлагаются различные подходы, наиболее распространенный из которых - критериальный подход. Основным предположением критериального подхода является следующее: каждую отдельно взятую альтернативу можно оценить конкретным числом - значением критерия. Критерии, на основе которых осуществляется выбор, имеют различные названия - критерий качества, целевая функция, функция предпочтений, функция полезности и т.д.

Объединяет их то, что все они служат решению одной задачи - задачи выбора.

Сравнение альтернатив сводится к сравнению результатов расчетов соответствующих критериев. Если далее предположить, что выбор любой альтернативы приводит к однозначно определяемым последствиям и заданный критерий численно выражает оценку этих последствий, то наилучшей альтернативой является та, которая обладает наибольшим значением критерия. Задача поиска наилучшей альтернативы, простая по постановке, часто оказывается сложной для решения, поскольку метод ее решения определяется размерностью и типом множества альтернатив, а также видом критериальной функции. Однако на практике сложность отыскания наилучшей альтернативы многократно возрастает, так как оценивание вариантов приходится проводить на основании нескольких критериев, качественно различающихся между собой. Если в результате сравнения по нескольким критериям получилось, что одна альтернатива обладает наилучшими значениями по всем критериям, то выбор не представляет затруднений, именно эта альтернатива и будет наилучшей. Однако такая ситуация встречается лишь в теории. На практике дело обстоит куда как сложнее. В данной ситуации приходим к необходимости решения многокритериальных задач. Подходы к решению таких задач известны - это метод сведения многокритериальной задачи к однокритериальной, метод условной максимизации, поиск альтернативы с заданными свойствами, нахождение *паретовского* (*Множество состояний системы, оптимальных по Парето, называют «множеством Парето», «множеством альтернатив, оптимальных в смысле Парето», либо «множеством Парето-оптимальных альтернатив».* Используются также термины «компромиссные», «неулучшаемые» альтернативы. В экономике ситуация, когда достигнута *эффективность по Парето*, — это ситуация, когда все выгоды от обмена сторон исчерпаны.) множества альтернатив. Выбор альтернативы на основании критериального подхода предполагает, что выполненными являются несколько условий: известен критерий, задан способ сравнения вариантов и метод нахождения лучшего из них. Однако этого оказывается недостаточно. При решении задач выбора необходимо учитывать условия, при которых осуществляется выбор, и ограничения задачи, так как их изменение может привести к изменению решения при одном и том же критерии.

Оптимизационный подход нашел широкое применение в задачах системного анализа. Это обусловлено тем, что понятие оптимальности получило строгое и точное представление в математических теориях.

Оптимизационный подход прочно вошел в практику проектирования и эксплуатации технических систем, сыграл важную роль в формировании современных системных представлений, широко используется в административном управлении. Нахождение оптимальных вариантов особенно важно для оценки состояния современной техники и определения перспектив ее развития. Знание параметров оптимальной альтернативы позволяет составить представление о принципиально не улучшаемых возможностях технических объектов. Сравнение с оптимальными параметрами помогает решить вопрос о целесообразности дальнейших усилий по улучшению показателей качества изделий. Однако у оптимизационного подхода есть свои ограничения, требующие внимательного и осторожного обращения с ним. Остановимся на особенностях, накладывающих ограничения на применение оптимизационного подхода и требующих учета при решении задач принятия решений.

1. Оптимальное решение часто оказывается чувствительным к изменению условий задачи. Следует учитывать, что иногда такие изменения могут привести к выбору существенно отличающихся альтернатив.

2. Обычно система, для которой принимается решение, входит в структуру более общей системы, т.е. является ее подсистемой, и решения оптимальные для этой подсистемы, могут входить в противоречие с целями надсистемы; т.е. возникает необходимость увязывать критерии подсистем с критериями надсистем.

3. Необходимо очень тщательно и скрупулезно подходить к выбору и обоснованию критерия. Критерий должен выбираться из анализа цели исследования; при этом надо помнить, что он характеризует цель лишь косвенно, иногда хуже, иногда лучше, но всегда приближенно.

4. Помимо критериев в оптимизационной задаче немаловажную роль играют ограничения. Анализ существа проблемной ситуации и качественное обоснование ограничений задачи имеют значительное влияние на принимаемое решение. Нередко даже небольшие изменения в ограничениях отражаются на принимаемом решении. Еще больший эффект получается, когда одни ограничения заменяются другими. Не задав всех необходимых ограничений, можно одновременно с оптимизацией основного критерия получить непредвиденные и нежелательные эффекты.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что оптимизация - это мощное средство повышения эффективности, но использовать его необходимо осторожно, особенно при работе со сложными проблемными ситуациями. Проблема еще более обостряется, когда речь идет о принятии

решений в организационных или социальных системах. Можно констатировать, что оптимизационные задачи, которые удастся поставить при исследовании сложных систем, имеют обоснованный характер, если описывают хорошо структурированные системы, и являются заведомо приближенными, если относятся к системе в целом. Поэтому отметим, что оптимизационный подход является не единственным при решении задач выбора и принятия решений. Существуют другие методы, которые дополняют оптимизационный выбор. Одним из таких методов является экспертный. Он применяется в тех случаях, когда при исследовании сложных систем возникают проблемы, которые не удастся представить в виде формальных математических задач. В таких случаях прибегают к услугам экспертов - лиц, чья интуиция и опыт могут уменьшить сложность проблемы. И наконец, для решения задач выбора в сложных проблемных ситуациях создаются специальные человеко-машинные, проблемно-ориентированные системы. Системы поддержки решений ориентированы не на автоматизацию функций лица, принимающего решение, а на предоставление ему помощи в проведении данной работы.

Подводя итог, отметим, что проблема выбора и принятия решений центральная проблема системного анализа. Налицо сложности, которые возникают перед системным аналитиком. Но, с другой стороны, имеется развитый математический и эвристический аппарат, который является мощным оружием, помогающим обоснованно подходить к проблеме выбора

Внедрение результатов анализа

Системный анализ является прикладной наукой, его конечная цель - изменение существующей ситуации в соответствии с поставленными целями. Окончательное суждение о правильности и полезности системного анализа можно сделать лишь на основании результатов его практического применения. Конечный результат будет зависеть не только от того, насколько совершенны и теоретически обоснованы методы, применяемые при проведении анализа, но и от того, насколько грамотно и качественно реализованы полученные рекомендации.

В настоящее время вопросам внедрения результатов системного анализа в практику уделяется повышенное внимание. В этом направлении можно отметить работы Р. Акоффа [23] и П. Чеклэнда [24]. Следует заметить, что практика системных исследований и практика внедрения их результатов существенно различаются для систем разных типов. Согласно классификации, введенной П. Чеклэндом, системы делятся на три типа: естественные, искусственные и социотехнические. В системах первого типа

связи образованы и действуют природным образом. Примерами таких систем могут служить экологические, физические, химические, биологические и т.п. системы. В системах второго типа связи образованы в результате человеческой деятельности. Примерами могут служить всевозможные технические системы. В системах третьего типа, помимо природных связей, важную роль играют межличностные связи. Такие связи обусловлены неприродными свойствами объектов, а культурными традициями, воспитанием участвующих в системе субъектов, их характером и прочими особенностями.

Системный анализ применяется для исследования систем всех трех типов. В каждой из них есть свои особенности, требующие учета при организации работ по внедрению результатов. Наиболее велика доля слабоструктурированных проблем в системах третьего типа. Следовательно, наиболее сложна практика внедрения результатов системных исследований в этих системах.

При внедрении результатов системного анализа необходимо иметь в виду следующее обстоятельство. Работа осуществляется на клиента (заказчика), обладающего властью, достаточной для изменения системы теми способами, которые будут определены в результате системного анализа. В работе должны непосредственно участвовать все заинтересованные стороны. Заинтересованные стороны - это те, кто отвечает за решение проблемы, и те, кого эта проблема непосредственно касается. В результате внедрения системных исследований необходимо обеспечить улучшение работы организации заказчика с точки зрения хотя бы одной из заинтересованных сторон; при этом не допускаются ухудшения этой работы с точки зрения всех остальных участников проблемной ситуации.

Говоря о внедрении результатов системного анализа, важно отметить, что в реальной жизни ситуация, когда сначала проводят исследования, а затем их результаты внедряют в практику, встречается крайне редко, лишь в тех случаях, когда речь идет о простых системах. При исследовании социотехнических систем они изменяются с течением времени как сами по себе, так и под влиянием исследований. В процессе проведения системного анализа изменяются состояние проблемной ситуации, цели системы, персональный и количественный состав участников, соотношения между заинтересованными сторонами. Кроме того, следует заметить, что реализация принятых решений влияет на все факторы функционирования системы. Этапы исследования и внедрения в такого типа системах фактически сливаются, т.е. идет итеративный процесс. Проводимые исследования оказывают влияние на жизнедеятельность системы и это видоизменяет

проблемную ситуацию, ставит новую задачу исследований. Новая проблемная ситуация стимулирует дальнейшее проведение системного анализа и т.д. Таким образом, проблема постепенно решается в ходе активного исследования.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Предмет и основные исходные положения теории эффективности

Теория и методы эффективности появились и начали развиваться для исследования именно технических систем. В силу чего теория эффективности операций таких систем в настоящее время наиболее разработана. Основные положения теории эффективности:

1. объект, предмет и основные исходные положения теории эффективности;
2. характеристика факторов, влияющих на эффективность операций сложных систем;
3. основные виды проблем и задач, которые решаются с использованием методов теории эффективности;
4. общая схема исследования эффективности сложных систем.

В настоящее время теория эффективности — интенсивно развивающееся научное направление, имеющее свой объект и предмет, цель и задачи исследования, методологическую и естественнонаучную основу, систему основных понятий и язык, методы выражения своих теоретических результатов и другие компоненты, присущие всякой теории.

Современное развитие теории эффективности характеризуется интенсивной разработкой и внедрением в практику исследований относительно нового фундаментального направления — системных исследований эффективности. Методологическую его основу составляют системный подход и системный анализ. Именно основные самые общие методологические положения системных исследований эффективности сложных систем и будут рассмотрены в данном параграфе.

Сложные системы создаются для удовлетворения одной из важных потребностей государства и общества и являются, как правило, целенаправленными или целеустремленными. Вопрос о том, действия какой сложной системы или способ ее применения для достижения цели лучше, т.е. качество функционирования или качество результата функционирования системы, решается на основе понятия эффективности.

Эффективность (от эффективный — дающий эффект, действенный) — это наиболее общее, определяющее свойство любой целенаправленной деятельности, которое с познавательной точки зрения раскрывается через категорию цели и объективно выражается степенью достижения цели с учетом затрат ресурсов и времени.

Это фундаментальное понятие совместно с понятиями «цель», «требуемый (желаемый) результат», «операция», «активные средства», «стратегия проведения операции», «реальный результат операции», «эффективность операции», «показатель эффективности операции системы» образуют исходную базу для формирования всего понятийного аппарата и других компонентов теории эффективности.

Под целью, как уже отмечалось, понимается идеальное представление требуемого результата, достижимого в пределах некоторого интервала времени. Сложная система является, как правило, подсистемой сложной системы более высокого уровня — надсистемы. Поэтому цель функционирования исследуемой системы определяется, как правило, надсистемой. Цель считается достигнутой, если в итоге предпринятых действий получен соответствующий этой цели результат. Чтобы проверить достигнута ли цель или нет, ее необходимо формализовать. В теории эффективности вопрос формализации цели имеет принципиальное значение. Он обычно решается путем **введения m -мерного вектора параметров целеполагания $Y_{mp}^{(m)}$** , задающих требуемый результат. Перечень и значения (количественные или качественные) этих параметров определяются по результатам неформального анализа проблемной ситуации.

Требуемый результат может быть получен осуществлением совокупности определенных действий системы, в процессе выполнения которых для достижения поставленной цели используются активные средства. Под активными средствами в теории эффективности понимаются сама сложная система и ресурсы (вещественные, энергетические, информационные, финансовые, временные и др.). Такая совокупность целенаправленных действий называется операцией. Следовательно, операция

— это упорядоченная совокупность взаимосвязанных действий сложной системы, объединенных общим замыслом и направленных на достижение вполне определенной цели. Эту цель называют целью операции и в формализованном виде выражают, требуемым результатом, который характеризуется в общем случае **вектором параметров целеполагания** $Y_{mp}^{(m)}$.

Реальный результат операции (фактический или ожидаемый), качество которого характеризуется m -мерным векторным показателем $Y_u^{(m)}$. есть тот результат, который получен или может быть получен при проведении операции с использованием некоторой стратегии u . При этом под стратегией u проведения операции понимается конкретный способ использования активных средств, т.е. самой системы и ресурсов. В силу действия различного рода факторов реальный результат операции может отличаться от требуемого результата. К основным факторам, влияющим на ход и исход операции, относятся качество самой оперирующей системы, способ ее использования в операции — стратегия и условия внешней среды. Об успешности операции судят по степени соответствия показателя качества ее реального результата показателю требуемого результата т.е. по степени достижения цели операции.

Отсюда следует, что эффективность операции есть степень соответствия реального (фактического или ожидаемого) результата операции требуемому результату или, иными словами, степень достижения цели операции. Таким образом, если методы квалиметрии позволяют проводить исследование качества сложных систем в статике, то методы теории эффективности позволяют исследовать качество операций и качество результатов операций этих систем — качество целенаправленного действия.

Качество проведенной операции как целенаправленного процесса и ее результата может быть определено лишь в рамках системы более высокого уровня по отношению к рассматриваемой системе — надсистемы. В этом смысле эффективность операции требует установления динамической взаимосвязи между свойствами сложной системы, характеризующими ее качество, способами и условиями проведения операции и целью операции, определяемой вышестоящей системой. Таким образом, эффективность является определяющим и наиболее общим комплексным свойством операции, так как она характеризует приспособленность процесса функционирования систем к достижению цели операции и зависит практически от всех факторов, влияющих на ее ход и исход. Именно эта

особенность эффективности как свойства операции, характеризующего успешность ее проведения, ставит задачи исследования эффективности на одно из ведущих мест в комплексе исследований по определению и обоснованию рациональных путей решения возникающих перед обществом проблем и задач.

Как и всякое свойство, эффективность операции обладает определенной интенсивностью своего проявления. Мету интенсивности проявления эффективности операции называют показателем эффективности. Следовательно, в соответствии с определением эффективности m -мерный **векторный показатель эффективности операции W_u^m** есть мера степени соответствия реального результата операции, качество которого характеризуется своим показателем $Y_u^{(m)}$, требуемому результату, который характеризуется своим показателем $Y_u^{(m)}$, или, другими словами, мера степени достижения цели операции.

С формальной точки зрения, любая операция представляет собой обмен, в результате которого сторона, проводящая операцию, за полученный полезный эффект — целевой результат с показателем качества $Y_u^{(m)}$. — расплачивается определенным количеством затраченных ресурсов (материальных, энергетических, информационных и т.д.) и затратами времени на проведение операции. В принципе, время — это тоже расход ресурсов (временных). В ряде случаев возможен взаимный обмен временных ресурсов с другими ресурсами по принципу: быстрее — дороже, медленнее — дешевле и т.п. Однако функциональная значимость времени при исследовании эффективности операции требует отдельного его рассмотрения.

Оперирующая сторона должна организовать и провести операцию так, чтобы указанный обмен был для нее как можно более выгодным. С этой точки зрения эффективность операции — это не просто способность давать целевой результат с $m1$ -мерным векторным показателем качества $G_u^{(m1)}$. а именно действенность такой способности, т.е. результативность, соотнесенная с затратами всех видов ресурсов, характеризующимися $m2$ -мерным векторным показателем $C_u^{(m2)}$ (ресурсоемкость операции), и времени, характеризующимися $m3$ -мерным векторным показателем $T_u^{(m3)}$ (оперативностью операции).

Следовательно, показатель качества реального результата операции сложной системы представляет собой в общем случае m -мерный вектор,

включающий в себя три соответствующих группы компонентов ($m=m_1+m_2+m_3$):

$$Y_u^m = \langle G_u^{m1}, C_u^{m2}, T_u^{m3} \rangle \quad 1$$

Вектор может быть сформирован только после того, как цель операции сформулирована, формализована и представлена вектором параметров целеполагания задающих требуемый результат операции

$$Y_{mp}^m = \langle G_{mp}^{m1}, C_{mp}^{m2}, T_{mp}^{m3} \rangle \quad 2$$

Задание векторов Y_u^m и Y_{mp}^m необходимо для введения показателя эффективности операции, основным требованием к которому является соответствие цели операции. Этот показатель получается в результате сравнения векторного показателя качества реального результата операции с вектором параметров целеполагания. Если результат выражается случайной переменной, то формально показатель эффективности операции вводится как математическое ожидание общей функции соответствия векторного показателя качества реального результата операции вектору параметров целеполагания, т.е.

$$W_{(u)}^{(m)} = M[\rho(Y_u^m, Y_{mp}^m)] \quad 3$$

Где $\rho(Y_u^m, Y_{mp}^m)$ - общая функция соответствия.

Если же Y_u^m, Y_{mp}^m являются неслучайными величинами, то

$$W_{(u)}^{(m)} = [\rho(Y_u^m, Y_{mp}^m)] \quad 4$$

Это означает, что в условиях определенности общая функция соответствия представляет собой показатель эффективности.

Показатель эффективности может быть представлен тремя частными векторными показателями эффективности в следующем виде

$$W_u^m = \langle W_{(u)g}^{m1}, W_{(u)c}^{m2}, W_{(u)t}^{m3} \rangle \quad 5$$

где $W_{(u)g}^{m1}, W_{(u)c}^{m2}, W_{(u)t}^{m3}$ — частные векторные показатели соответственно целевого результата, затрат ресурсов и времени.

Не исключается представление показателя эффективности совокупностью скалярных показателей, называющихся частными скалярными показателями эффективности, т.е.

$$W_u^m = \langle W_{(u)1} \dots W_{(u)i} \dots W_{(u)m} \rangle \quad 6$$

где $W_{(u)i}$ — i -й частный скалярный показатель эффективности операции.

В частных случаях, при исследовании отдельных видов систем, может использоваться и скалярный показатель эффективности. К ним, например, относятся детерминированные (жестко определенный) и вероятностные (стохастические) системы, состояние и процессы в которых могут быть отражены строгими формальными зависимостями. При этом определяются только скалярные показатели целевого результата, а на показатели затрат ресурсов и времени накладываются ограничения, как правило, в виде неравенств.

Формы (3) и (5) представления показателей эффективности являются наиболее общими и отражают идеи их определения. При исследовании операций систем на основе общих выбираются конкретные формы показателей.

Теория эффективности направлены на исследование качества сложных объектов-систем. Теория эффективности исследует наиболее общее, определяющее свойство сложных объектов-систем - качество их действий при достижении поставленной цели, которое характеризуется качеством результата функционирования и качеством процесса функционирования.

Показателем качества процесса функционирования может являться векторный показатель реального результата, зафиксированный в определенный момент времени операции $T\theta$, т.е. вектор $Y_{(u)T\theta}^{(m)}$. Вместе с тем для оценки качества процесса функционирования могут применяться и другие показатели, обусловленные спецификой функционирования конкретно исследуемой системы.

Следовательно, объектом теории эффективности являются операции сложных систем, а предметом — «закономерности, связывающие эффективность операции с качеством активных средств, способами их использования в операции и условиями обстановки».

Основным методом, используемым при исследовании эффективности операций сложных систем, является моделирование, как правило, математическое. Это обусловлено сложностью или невозможностью создания физических моделей таких систем и проведения натурных экспериментов. При исследовании сравнительно простых систем часто

удается выражать показатели эффективности математически в виде целевых функций от управляемых факторов с ограничениями в виде равенств или неравенств. Это позволяет применять при выборе лучшей стратегии методы математического программирования. Для сложных систем, проводящих крупномасштабные операции, подобное выражение показателей эффективности невозможно. При исследовании эффективности таких систем чаще всего используется имитационное моделирование.

Используемые модели должны в максимально возможной степени учесть факторы, которые влияют на эффективность операций.

Характеристика факторов, влияющих на эффективность операций сложных систем

На эффективность операции сложной системы влияет большое количество различных по природе факторов. Их принято делить на три группы:

1. качество системы, проводящей операцию;
2. условия функционирования системы;
3. способы применения активных средств, т.е. системы и ресурсов (стратегии).

Сложных систем различной природы много. Соответственно каждая из них может обладать многими свойствами. Для технических систем специалисты выделяют пять сложных основных свойств: устойчивость, помехоустойчивость, управляемость, способность и самоорганизация. Ими обладают многие системы и другой природы. Эти свойства расположены в порядке возрастания сложности. Система, которой присуще более сложное свойство, обладает и всеми более простыми свойствами.

Под **устойчивостью системы** понимается ее способность выполнять свои функции и сохранять параметры при воздействии внутренних и внешних факторов. Если система не обладает этим свойством, то существовать она не может. Для сложных систем характерны различные формы устойчивости, например, гомеостазис (саморегуляция, способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия), живучесть, надежность и др.

Помехоустойчивость системы представляет ее способность противодействовать помехам. Особую значимость для обеспечения помехоустойчивости сложной системы имеют такие свойства ее системы управления, как помехозащищенность и надежность системы связи и переработки информации, возможности по кодированию и декодированию информации, электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и др.

В общем случае **управляемость** означает способность системы переходить за заданное время из одного состояния в другое под влиянием управляющих воздействий, оперативно выполнять команды управления. Управляемость включает такие свойства системы как гибкость, оперативность, непрерывность, быстроедействие управления, сочетание централизации управления с предоставлением подсистемам инициативы выбора способов достижения частных целей и др. Для сложных систем управляемость включает также одно из важнейших их свойств — способность вырабатывать оптимальные или рациональные решения. На основе решений формируются управляющие воздействия. Управляемыми могут быть только помехоустойчивые системы, так как низкая помехоустойчивость обуславливает возможность искажения информации и срыва управления.

Способность системы объединяет те свойства системы, которые определяют ее функциональное назначение, т.е. потенциальные возможности по достижению поставленной цели — потенциальную эффективность операций, проводимых данной системой. При этом под потенциальной эффективностью понимается эффективность операции при идеальных способах ее проведения. Система, способная достигать цели в операциях, обязательно является управляемой.

Наиболее сложным свойством системы является **самоорганизация**. Самоорганизующиеся системы обладают внутренним источником саморазвития и являются очень сложными. В своей эволюции они стремятся к максимальной структурной устойчивости в условиях воздействий внешней среды. Для систем этого типа характерны способность изменять свою структуру и параметры, свобода выбора решений, адаптация, самообучение, распознавание ситуаций, переподчинение своих подсистем, перераспределение задач и ресурсов между компонентами с целью совершенствования функций и др. Принцип свободы выбора состоит в том, что система выбирает не одно, а несколько рациональных решений. В

зависимости от условий обстановки используются такие решения, которые обеспечивают свободу выбора решения в последующем. Этим самым достигается гибкость и повышается эффективность управления.

Исследование систем может проводиться на уровне охарактеризованных выше сложных свойств, так как далеко не все системы обладают всеми этими свойствами.

Условия функционирования системы в операции формируют следующие группы факторов:

- природные факторы;
- факторы активных действий партнеров или конкурентов;
- факторы ограничений.

К природным факторам относятся пассивные по отношению к действиям системы факторы, например, природно-климатические условия, географическое местоположение и др.

Факторы активных действий характеризуют возможность, характер и способы содействия партнеров или целенаправленного противодействия конкурентов или противников.

Ограничивающими факторами являются экономические (обеспеченность ресурсами), социальные, экологические, состояние и возможности используемой инфраструктуры и другие ограничения.

К факторам, характеризующим способы применения активных средств — стратегии, относятся: распределение задач и ресурсов между компонентами системы; пространственно-временная последовательность и способы действий; способы управления и планирования; способы связи и взаимодействия между компонентами системы и с партнерами, способы обеспечения действий и др.

Способы применения активных средств (стратегии) выбираются ЛПР с учетом конкретно складывающейся обстановки операции. При этом под обстановкой понимается состояние оперирующей системы и внешней среды в фиксированный момент времени операции. Совокупность существенных факторов обстановки называют условиями обстановки. Факторы обстановки принято делить по трем основаниям: отношению к исследуемой системе; возможности учета при выборе стратегий; информированности о них ЛПР.

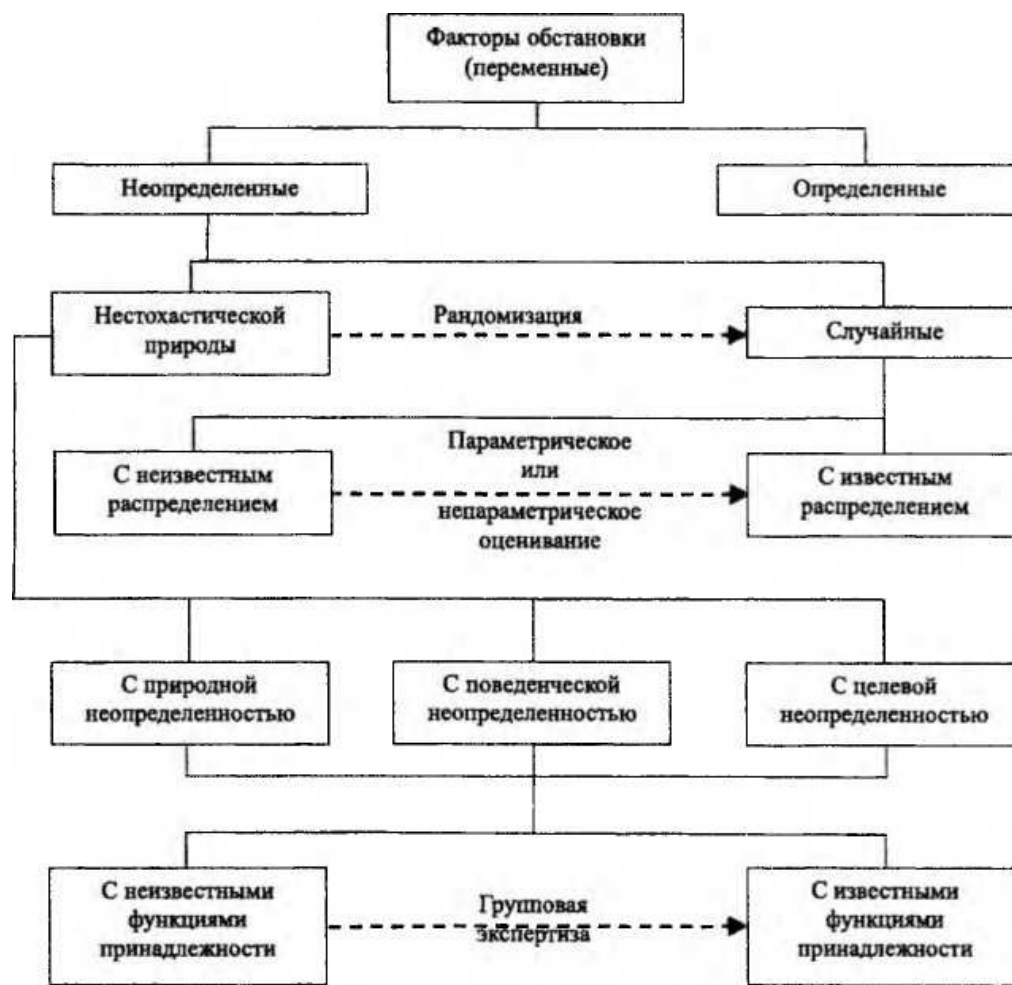
По отношению к исследуемой системе факторы обстановки принято делить на внешние и внутренние. Внешние факторы отражают влияние компонентов внешней среды. Внутренние факторы характеризуют влияние внутренних сил и средств системы на ход и исход операции.

По возможности учета при выборе стратегий ЛПР факторы принято делить на управляемые и неуправляемые. К управляемым факторам относятся те из них, которые контролируются ЛПР, на которые он может влиять. В их число входят прежде всего факторы, характеризующие способы применения активных средств.

Неуправляемые факторы — это факторы, которые не контролируются ЛПР. К ним относятся все факторы внешней среды, закономерности функционирования исследуемой системы и др.

Факторы обстановки отображают в виде числовых и нечисловых переменных. Классификация факторов для технических систем в зависимости от информированности об этих переменных ЛПР приведена на рис. Анализ показал, что она актуальна и для других систем. Из данных, представленных на рисунке, видно, что факторы делятся на определенные и неопределенные.

Определенными являются те переменные, значения которых известны с необходимой точностью. Они представляют собой известные (регулярные) функции определенных аргументов, заданные параметры и т.н., а также контролируемые входные воздействия, в том числе управляемые переменные.



Классификация факторов обстановки по информированности о них ЛПР

Неопределенные факторы характеризуются переменными, о значениях которых нет полной и достоверной информации. При этом природа неопределенности факторов может быть различной. Например, недостаток исходной информации о проблемной ситуации, неполная достоверность этой информации, трудность предсказания поведения среды, партнеров, конкурентов или противников, неточность определения цели, недостаток опыта ЛПР и помогающих ему экспертов, аналитиков и других лиц и т.д.

Неопределенные переменные делятся на две группы: случайные переменные и неопределенные переменные нестохастической (не случайные) природы. Иногда переменные нестохастической природы удается рандомизацией перевести в случайные переменные.

Случайные переменные подразделяются на переменные с известным и неизвестным распределением. Если распределение случайной переменной известно (например, в виде функции распределения), то такая переменная

статистически определена. Случайные переменные с неизвестным распределением, как правило, сводятся к переменным с известным распределением непараметрическим или параметрическим оцениванием.

Нестохастическая неопределенность факторов различается трех следующих видов:

- природная неопределенность, возникающая в результате наличия недостаточно изученных явлений, которые сознательно не противодействуют, но могут существенно повлиять на процесс обоснования и принятия решений;

- поведенческая неопределенность, которая характеризуется целенаправленным противодействием со стороны конкурирующих систем и неизвестными способами их действий;

- целевая неопределенность, которая обуславливается нечетким определением цели.

Неопределенные факторы нестохастической природы условно разделяются на факторы с известными и неизвестными функциями принадлежности (диапазонами изменения переменных). Функция принадлежности задает некоторую подобласть (подмножество) изменения фактора в пределах общей допустимой области. Величина подобласти характеризует степень определенности фактора: чем меньше (больше) подобласть, тем больше (меньше) степень определенности. Граничным случаем является выделением в подобласти одного значения фактора, что переводит его в Разряд определенных факторов.

Наибольшая степень неопределенности свойственна факторам с неизвестными функциями принадлежности. Для оценивания диапазонов изменения значений таких факторов обычно используются экспертные процедуры. Часто для описания и определения функций принадлежности факторов нестохастической природы применяется аппарат теории нечетких множеств. В обычном «четком» подмножестве B функция принадлежности к нему элемента b принимает только два значения: 1 — элемент b принадлежит подмножеству B ; 0 — элемент b не принадлежит подмножеству B . Функция принадлежности элемента d нечеткому подмножеству D характеризует степень принадлежности элемента данному подмножеству и может принимать значения от 0 до 1. Эту функцию вводят обычно в виде лингвистической переменной, т.е. переменной, значения которой выражаются в естественном языке. Например, лингвистической переменной является категория

«сложность системы», значения которой могут выражаться следующими словами: не сложная, не очень сложная, сложная, довольно сложная, очень сложная, сверхсложная. Функцию принадлежности строят, как правило, по результатам проведения групповой экспертизы.

Основные методологические уровни и принципы исследования эффективности сложных систем

Основные методологические уровни исследования сложных систем

Для сложных систем принципиальную значимость имеет выделение различных методологических уровней исследования их эффективности. При этом обычно рассматриваются два подхода к выделению уровней. Первый из них связан с принципами усложняющегося поведения, а второй — с качественно различными уровнями исследования систем.

Принципы усложняющегося поведения служат основой изучения сложных систем. В системологии установлены пять принципов усложняющегося поведения систем:

1. принцип вещественно-энергетического баланса, который означает, что поведение системы во всем диапазоне ее функционирования не приводит к нарушению законов сохранения вещества и энергии. Этот принцип характерен для любых по сложности систем. Однако для простейших систем он является основным;

2. принцип гомеостазиса (саморегуляция, способность открытой **системы** сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций), согласно которому система имеет возможность возвращаться в состояние устойчивого равновесия при выведении из него каким-либо внешним воздействием. Гомеостатическое поведение обусловлено наличием в системе отрицательной обратной связи. Системы, для поведения которых этот принцип является основным, называются гомеостатическими или системами регулирования, в том числе автоматического. Управление в них сводится к регулированию;

3. принцип выбора решений, означающий, что сложная система организует свое поведение на основе рационального выбора из множества альтернатив путем непосредственного наблюдения органами управления ситуации и принятия решений в зависимости от сложившихся условий без предвидения дальнейшего развития обстановки. Системы, для которых этот принцип является ведущим, реализуют так называемое индуктивное поведение, т.е. основывающееся только на непосредственном опыте и наблюдении сложившейся ситуации. Такие системы имеют ограниченный

объем памяти и называются решающими;

4. принцип перспективной активности, согласно которому система организует свое поведение на основе предшествующего опыта и предположении, что последующие ситуации будут несущественно отличаться от предшествующих. Это ей позволяет на основе ретроспективного анализа предвидеть будущее и заблаговременно принимать решения, определяющие ее поведение в будущем. Системы, в поведении которых принцип перспективной активности является ведущим, имеют достаточно емкую память и называются предвидящими;

5. принцип рефлексии, в соответствии с которым система может организовывать свое поведение с учетом возможного мысленного представления о способах ее действий органа управления другой сложной системы, находящейся с первой системой в определенных отношениях, например, в состоянии конкуренции или противоборства. В этом случае под рефлексией понимается отражение мыслительного процесса органа управления другой системы. ЛПР первой системы может демонстрировать ЛПР второй системы ложные намерения и таким образом стимулировать его на принятие решений, выгодных для своей стороны. Если это удастся, то ЛПР первой системы осуществляет рефлексивное управление второй системой. В таком случае ЛПР первой системы находится в первом ранге рефлексии, а конкурент — в нулевом. Если же конкурент также находится в первом ранге рефлексии, то Рефлексивное управление существенно затрудняется. Но ЛПР первой системы может перейти во второй ранг рефлексии — анализировать ход мысли конкурента о процессе своего мышления — и добиться рефлексивного управления. Конечно, если так же не поступит конкурент. Системы, организующие свое поведение на основе принципа рефлексии, должны обладать значительным интеллектом, довольно сложны и называются проницательными или рефлексивными.

Принципы приведены в порядке усложнения поведения систем. При этом если поведение системы соответствует более сложному принципу, то оно соответствует и всем менее сложным принципам.

Исследования эффективности сложных систем необходимо начинать с установления ведущего принципа, на котором основывается поведение системы. Это важно, так как ведущий принцип определяет тип системы и общие подходы к ее исследованию.

Опыт исследования эффективности показал необходимость выделения следующих четырех методологических уровней анализа сложных систем:

- 1- й уровень — «состав-свойства» (компонентный уровень);
- 2- й уровень — «структура-функции» (агрегативный уровень);
- 3- й уровень — «организация-поведение» (системный уровень);
- 4- й уровень — «метасистема-деятельность».

Первый методологический уровень предусматривает изучение компонентного состава системы и различных свойств компонентов. На этом уровне понятие эффективности операции не используется.

Объектом исследования на втором уровне являются операции систем, входящих в качестве подсистем в надсистему, которая представляет собой организационную или организационно-техническую систему. Системы, исследуемые на этом уровне, выполняют ограниченные по масштабу и разнообразию функции, имеют относительно простую структуру, достаточно четко определенные цели, а внешняя среда сравнительно стабильна. Показатель эффективности операций для таких систем обычно количественный скалярный, а ведущим в организации поведения является принцип перспективной активности.

На методологическом уровне «организация-поведение» исследуются крупномасштабные операции организаций — организационных или организационно-технических систем. Такие системы могут иметь в своем составе в качестве подсистем несколько сложных человеко-машинных систем, состоящих из систем, сложность которых не превышает уровня исследования «структура-функции». Связи между подсистемами динамичны, внешняя среда также носит изменчивый динамический характер. Эффективность сложных систем третьего уровня исследований может быть отображена, как правило, только векторным показателем. Системы данного уровня обладают свойством самоорганизации. Ведущим принципом их поведения является принцип рефлексии. Это обуславливает существенную неопределенность поведения этих систем, что в **значительной** мере затрудняет формальное описание их состояния и функционирования, предопределяет необходимость более высокого методологического уровня исследований.

Уровень «метасистема-деятельность» предполагает исследование сложных глобальных систем - метасистем, которые в своей структуре имеют организации с их внешней средой. В качестве таких систем можно рассматривать, например государства, их хозяйственные системы, отдельные отрасли экономики, военно-политические, экономические и другие крупные объединения и союзы международного и государственного уровней. Деятель-

ность метасистем включает различные линии поведения входящих в нее организаций и направлена на достижение определенных глобальных целей. Сложность метасистем и их деятельности такова, что их анализ не поддается формализации и возможен только на описательном (вербальном) уровне.

Системный анализ является сложным методологическим средством, объединяющим исследования на третьем и четвертом методологических уровнях. При этом основной анализ проводится на третьем уровне. Объединение с четвертым уровнем состоит в том, что анализ основывается на концепции метасистемы. В соответствии с данной концепцией организации рассматриваются как подсистемы метасистемы, что обуславливает подчинение целей и поведения организаций целям и деятельности метасистем.

Основные принципы системных исследований эффективности сложных систем

К основным принципам системных исследований эффективности относятся принципы внешнего дополнения, декомпозиции систем и принцип обобщения и детализации исследований.

Принцип внешнего дополнения является фундаментальной идеей теории систем и основополагающим для теории эффективности. Его требования основываются на теореме К. Геделя о неполноте непротиворечивых формальных систем. В соответствии с этой теоремой в рамках одной формальной системы невозможно вывести дедуктивным путем из аксиом как истинные все ее остальные утверждения. Поэтому при исследовании системы некоторого уровня нужна более широкая система, в рамках которой были бы сформированы принципиальные положения для компенсации неполноты исследуемой системы, т.е. внешнее дополнение. Метасистема не имеет внешнего дополнения и поэтому принципиально неформализуема, но позволяет выработать внешнее дополнение для систем третьего методологического уровня исследований. Это дополнение позволяет выделить и вычленить организацию как целостность из метасистемы, выдвинуть обоснованные гипотезы ее поведения и перейти к формальному описанию, согласовать цели организаций с целями деятельности метасистемы.

Системный анализ и исследование операций относятся к нормативным теориям. Такие теории основываются не на аксиомах и постулатах или

положениях, обоснованных статистически или экспериментально. Системный анализ в качестве исходных положений использует гипотетическое знание. Выдвижение гипотез поведения для организаций возможно только на основе изучения деятельности метасистемы. Ввиду неформализуемости метасистемы внешнее дополнение для организаций (различного рода гипотезы поведения) вырабатывается в вербальной форме. Воспринять такое неформализованное внешнее дополнение может только человек. Это предопределяет принципиальную необходимость деятельности человека — ЛПР — в органе управления системы третьего уровня. ЛПР при принятии решений руководствуется положениями теории принятия решений и учитывает внешнее дополнение. Внешнее дополнение обеспечивает введение объективных критериев эффективности для организаций, основываясь на их полезности для деятельности и достижения целей метасистемы.

Внешнее дополнение для систем второго уровня вырабатывается в рамках систем третьего уровня исследований. При этом дополнение формируется в строгом формализованном виде, что позволяет принимать решения на основе четких формальных критериев. В принципе, участие человека в органе управления для этих условий не обязательно: системы второго уровня могут быть автоматическими.

Таким образом, внешнее дополнение предназначено, прежде всего, для исключения субъективизма ЛПР в выборе критерия эффективности, так как такая ошибка не позволит провести исследование эффективности. Оно «является тем логическим замыканием, которое в совокупности со свойствами (качеством) исследуемой системы, условиями и способами ее использования составляет необходимые условия для определения ее эффективности».

Принцип декомпозиции играет важную роль в системном анализе. Применительно к рассмотренным выше четырем методологическим уровням анализа систем он означает, что сложную систему третьего уровня можно расчленить при исследованиях на системы второго уровня. Это целесообразно по той причине, что системы уровня «структура-функции» легче изучать. Однако после анализа систем второго уровня требуется исследование системы третьего уровня как целостности, т.е. с учетом свойства эмерджентности, которое утрачивается при декомпозиции.

Существенной особенностью исследований эффективности современных иерархических систем является их сложность и высокая

размерность решаемых задач. Это, как правило, не допускает полного формализованного описания их функционирования в рамках одной математической модели. В этих условиях в соответствии с принципом обобщения и детализации исследований реализуется поэтапная процедура — проведение исследования но последовательно убывающим уровням обобщения информации об основных факторах, влияющих на эффективность операции. В соответствии с этим системные исследования эффективности принято разделять на обобщенные и детальные. В обобщенных исследованиях выделяются концептуальный и операциональный уровни.

Концептуальные исследования рассматриваются как высший уровень исследований при наиболее высокой степени обобщения факторов. Их целью является установление общих тенденций развития, форм и способов организации изучаемого процесса, выработка концепций по основным вопросам организации и проведения крупномасштабных операций, определения системы целей и задач, а также принципов применения сложных систем в операции. Концептуальные исследования проводятся с позиций метасистемы в основном на четвертом и в общей части — на третьем методологических уровнях анализа систем. Характерно, что они осуществляются, как правило, на ранних этапах принятия решений для определения областей возможных стратегий с учетом множества концепций, устанавливаемых неформальным путем. Это обеспечивает содержательность и рациональную взаимосвязь остальных этапов исследований.

На операциональном уровне определяется функциональная структура операции (средства достижения целей и их связи). При этом степень обобщения факторов в них ниже, чем при концептуальных исследованиях. Результатом операционального исследования также являются перечни задач конкретным подсистемам (средствам), показатели и критерии их выполнения, сами подсистемы и средства связи между ними. Операциональные исследования проводятся на третьем и частично на втором уровнях исследований. Их цель — выработка рекомендаций по выбору стратегий и тактик действий систем соответственно для третьего и второго уровней.

Детальные исследования направлены на анализ качества подсистем систем, исследуемых на втором и третьем методологических уровнях. Проводятся они на первом уровне и характеризуются низким уровнем обобщения факторов. Детальные исследования обеспечивают решение всех вопросов, касающихся облика конкретных средств.

При решении общей задачи исследования эффективности сложных систем важно выдержать последовательность проведения исследования: сначала «сверху вниз» (от цели операции), а затем «снизу вверх» (к цели).

Основные виды проблем и задач, которые решаются с использованием методов теории эффективности

В целом исследование эффективности операций сложных систем направлено на обеспечение принятия оптимальных или рациональных решений по проблемам обоснования и разработки новых направлений развития техники, обоснования основных параметров сложных изделий, выбора целесообразных вариантов существующих или проектируемых систем и рациональных стратегий использования активных средств в операциях.

В практике исследования эффективности принято выделять три основных вида проблем:

1. проблему оценки эффективности операции сложной системы;
2. проблему выбора целесообразных стратегий использования активных средств в операциях;
3. проблему оценки сложных систем по эффективности операций и синтеза сложной системы с требуемой эффективностью операций.

В рамках этих проблем можно выделить четыре основных вида задач, при решении которых используются системные исследования эффективности операций сложных систем:

- 1) задачи оценки эффективности операций сложных систем;
- 2) задачи выбора пригодных, лучших или адаптивных стратегий проведения операций;
- 3) задачи оценки сложных систем по эффективности операций;
- 4) задачи синтеза сложных систем с пригодной или лучшей эффективностью операций.

Краткая характеристика этих задач приведена ниже.

Характеристика задачи оценки эффективности операций сложных систем

Задача оценки эффективности операций сложных систем по постановке аналогична задаче оценки качества объектов. В этой связи она является

прямой задачей исследования эффективности операций. Эта задача также включает процесс оценивания эффективности, определение показателя эффективности операции и может завершаться несложным суждением об эффективности операции системы. Суждение не предусматривает принятие решения об эффективности операции и может представлять собой оценочное суждение типа «хорошая эффективность», «малая эффективность» и т.п. Задача оценки эффективности операции включает следующие этапы:

- 1) определение типа задачи;
- 2) определение цели операции и параметров целенолагания;
- 3) выбор или разработку модели операции;
- 4) определение значений показателей реального результата с использованием модели для определенной стратегии;
- 5) определение значений показателя эффективности и при необходимости формирование простого оценочного суждения об эффективности операции.

Первые два этапа данной задачи являются неформальными и выполняются на основе системного подхода. При разработке модели операции также в полной мере используются положения системного подхода и методы моделирования.

Прямая задача исследования эффективности операций сложных систем является, как правило, составной частью задач исследования эффективности операций сложных систем второго, третьего и четвертого видов. Эти задачи являются задачами системного *анализа*, с использованием методов теории эффективности или задачами системных исследований эффективности, так как предусматривают принятие решений по рассматриваемым проблемам. Кроме того задачи оценки эффективности операций могут использоваться при решении целого ряда частных задач исследования эффективности. К таким задачам можно, например, отнести:

- определение допустимости или возможности практического использования оцениваемой стратегии проведения операции в той или иной обстановке;
- исследование влияния различных факторов на эффективность операций сложных систем, т.е. их вкладов в общую эффективность;
- установление путей повышения эффективности операций сложных систем;

- исследование функциональных возможностей компонентов сложных систем и средств, используемых в операциях, и др.

Характеристика задач выбора пригодных, лучших или адаптивных стратегий проведения операций

Широко распространенными и важными в теории эффективности являются задачи выбора пригодных, лучших или адаптивных способов использования в операции активных средств, т.е. стратегий. Это обуславливается тем, что большую практическую значимость имеют вопросы управления сложными системами, одним из наиболее важных и ответственных среди которых является выбор пригодного, оптимального или рационального способа действий из имеющихся альтернатив.

При исследовании эффективности сложных систем в рамках данных задач, прежде всего, устанавливаются ведущие принципы поведения системы. Применительно к техническим системам к таким принципам в настоящее время, относятся принципы энергетического баланса, гомеостазиса, выбора решений, перспективной активности и рефлексии.

Установив ведущие принципы, положенные в основу поведения системы, необходимо выявить концепцию принятия решений об эффективности ее функционирования, которая определит вид критерия или решающего правила. Существуют три таких концепции (приведены в порядке возрастания сложности): пригодности; оптимизации; адаптивизации (способность адаптироваться к изменяющимся ситуациям).

Согласно концепции пригодности рациональной является любая альтернатива управления, для которой значение показателя реального результата не ниже требуемого. Это означает, что показатель эффективности определяется как функция соответствия показателя реального результата операции показателю требуемого результата. Его значения изменяются скачком от единицы, если значения показателя реального результата не меньше значений показателя требуемого результата, до нуля в противном случае.

Концепция оптимизации относит к рациональным управлениям лишь те управления из заданного ограниченного их множества, которые обеспечивают наибольшую результативность (максимальный эффект) в операции, т.е. максимизацию значения показателя эффективности. При этом предполагается, что условия проведения операции при варьировании

управлений остаются неизменными. Оптимальная альтернатива управления, как и при оценивании качества объектов методами квалиметрии, может быть определена только для тех систем, функционирование которых корректно формализуется, а показатель эффективности — скалярный. Для более сложных систем, показатель эффективности операций которых является векторным, может достигаться только оптимизация стратегий.

Концепция адаптивизации предполагает прогнозирование возможных условий и способов проведения операции на основе не только априорной (статической) и (или) текущей (динамической), но и прогнозной (виртуальной) информации. Использование всех видов информации позволяет получить не только целенаправленные, но и гибкие решения. Здесь осуществляется своеобразный переход от «статической» модели явлений к «динамической». Следовательно, суть концепции адаптивизации состоит не просто в выборе «лучшего», как это имеет место в концепции оптимизации, а именно в постоянном движении к «лучшему», в динамическом уточнении решений, принимаемых в обстановке, для которой характерны быстро изменяющиеся условия и действия конкурентов. При этом, с учетом реализации принципов перспективной активности и рефлексии, в динамике принимаются решения на совершенствование функционирования сложной системы, при котором каждый раз добиваются оптимизации значения показателя эффективности. Это означает, что концепция адаптивизации фактически представляет собой специфическую концепцию оптимизации, реализуемую но особой технологии. Эта технология предполагает организацию рационального поведения систем на основе следующих принципов формирования критериев или решающих правил: принципа селекции, принципов свободы выбора решений и самообучения.

Принцип селекции предусматривает использование многоэтапной процедуры отбора лучших альтернатив. При этом на каждом последующем этапе используется более совершенный критерий или решающее правило, что позволяет постепенно сужать множество лучших решений.

Принцип свободы выбора реализуется для систем, обладающих способностью к самоорганизации. Дополнительно можно отметить, что он не рекомендует принимать решения во всех деталях на некоторую перспективу по результатам обработки априорной информации. Свобода выбора предусматривает возможность оперативной корректуры принимаемых решений по получаемой текущей информации.

Принцип самообучения состоит в том, что система запоминает и анализирует многие внешние воздействия, реакции на эти воздействия и результаты реакций. Адаптивное поведение системы обеспечивается совершенствованием на этой основе реакций системы с целью повышения эффективности операции.

Когда ведут речь об эффективности операции сложной системы, то это понятие связывают с представлением о целесообразном, рациональном ее ходе и исходе с точки зрения представителя сложной вышестоящей системы (надсистемы) — лица, принимающего решение. Это означает, что ЛПР должно принять решение об эффективности операции на основе сопоставления скалярного или векторного показателя качества реального результата с соответствующим скалярным или векторным показателем параметров целеполагания. Для этого необходимо иметь определенное правило такого сопоставления, согласованное с представлениями ЛПР о рациональном ходе и исходе операции. Такое правило, как уже не раз отмечалось ранее, называют критерием или решающим правилом эффективности.

Рассмотренные концепции принятия решений об эффективности операции представляют ту основу, на которой формируются все критерии или решающие правила эффективности: пригодности, оптимизации, адаптивизации. Критерии или решающие правила эффективности зависят от типа и особенностей исследуемых систем. Конкретный вид и порядок использования разнообразных критериев и решающих правил при исследовании эффективности сложных технических систем описан в работах по теории эффективности этих систем. Общие положения по критериям и решающим правилам будут изложены в следующей главе при рассмотрении основных методологических аспектов теории принятия решений.

Задачи выбора пригодных, лучших или адаптивных стратегий включают следующие этапы:

- 1) изучение и определение типа проблемы;
- 2) определение цели — выделение пригодных, лучших или адаптивных стратегий;
- 3) формирование допустимых стратегий;
- 4) оценку эффективности операций для альтернативных стратегий;
- 5) выбор или разработку критерия или решающего правила пригодности, оптимизации или адаптивизации для рассматриваемых альтернатив;

6) определение пригодных или степени оптимальности исследуемых альтернативных стратегий с помощью соответствующего критерия или решающего правила;

7) принятие решения ЛПР о пригодности или степени оптимальности выделенных стратегий.

Второй, третий и четвертый вид задач исследования эффективности операций сложных систем являются весьма важными в рамках общей проблемы выбора. Эти задачи выделены в данной работе преднамеренно, так как представляют с точки зрения ее целей наибольший интерес: они решаются в рамках второго направления системного анализа. Вместе с тем данные задачи не исчерпывают весь круг задач, связанных в теории эффективности с выбором. Так, в общей проблеме выбора применительно к техническим системам рассматривается много задач, связанных с выбором рациональных способов использования в операциях активных средств или направлений и путей развития сложных систем. К ним, например, относятся следующие задачи:

1. выбора рациональных способов управления различными техническими средствами, имеющими заданные технические характеристики;
2. определения целесообразных режимов эксплуатации систем и их компонентов;
3. оптимизации планов проведения операций;
4. оптимизации распределения ресурсов между компонентами систем в операциях;
5. синтеза рациональных вариантов проектируемых систем;
6. разработки программ развития сложных технических систем;
7. обоснование технико-экономических требований к создаваемым системам и др.

Характеристика задач оценки сложных систем по эффективности операций

Типовыми задачами этого вида являются задачи ранжирования (один из методов изучения предпочтений), а также определения пригодных или лучших сложных систем по эффективности операций.

Задачи ранжирования, выбора пригодных или лучших систем по эффективности проводимых ими операций включают следующие этапы:

- 1) изучение и определение типа проблемы;

- 2) определение цели — ранжирование, выделение пригодных или лучших систем по эффективности операций;
- 3) оценку эффективности операций для исследуемых конкурирующих вариантов сложной системы;
- 4) выбор или разработку критерия или решающего правила ранжирования, определения пригодности или степени оптимальности рассматриваемых вариантов систем по эффективности проводимых ими операций;
- 5) ранжирование, определение пригодности или степени оптимальности исследуемых вариантов систем с помощью соответствующего критерия или решающего правила;
- 6) принятие решения ЛПР о ранжировании, пригодности или степени оптимальности качества вариантов исследуемых систем по эффективности операции.

1-й и 2-й этапы данной задачи и начальные этапы задачи оценки эффективности операций также являются неформальными.

Естественным требованием исследования эффективности в задачах ранжирования, выбора пригодных или лучших систем из имеющихся альтернатив является фиксирование уровня условий и использование одинаковых стратегий в каждом цикле решения этих задач.

Характеристика задач синтеза сложных систем с пригодной или лучшей эффективностью операций

Этот вид задач исследования эффективности операций сложных систем также родственен аналогичным видам задач исследования качества объектов, рассмотренных в третьей главе, т.е. такие задачи являются по своей сути обратными задачами исследования эффективности операций. Обратная задача также включает повторение циклов совершенствования существующей системы и проверки эффективности ее операций на пригодность или степень оптимальности.

В общем случае задача синтеза сложной системы с пригодной или лучшей эффективностью операций включает следующие этапы:

- 1) изучение и определение типа проблемы;
- 2) определение цели — синтез системы с пригодным или лучшим уровнем эффективности операций на основе существующего ее варианта;
- 3) выбор или разработку модели операции;
- 4) оценку эффективности операции для сформированного варианта

системы;

5) выбор или разработку критерия или решающего правила определения пригодности или степени оптимальности рассматриваемого варианта системы по эффективности операции; определение пригодности или степени оптимальности рассматриваемого варианта системы с помощью соответствующего критерия или решающего правила;

6) принятие решения ЛПР о пригодности или степени оптимальности качества варианта синтезируемой системы; при положительном решении — завершение исследований, а при отрицательном — их продолжение переходом на 8-й этап;

7) обоснование мер по совершенствованию сложной системы — разработка более совершенного ее варианта, повторение исследований, начиная с четвертого этапа.

1-й и 2-й этапы данной задачи являются неформальными этапами системного анализа. 3-7-й этапы задачи повторяются до синтеза системы с требуемым уровнем эффективности операций или вывода о нецелесообразности дальнейших исследований.

Также возможен второй способ реализации обратной задачи исследования эффективности операций сложных систем. Он предусматривает формирование сразу нескольких допустимых вариантов синтезируемой системы и выбор из их числа пригодных или лучших по эффективности операций альтернатив. Этот способ исследования эффективности операций, как и подобный способ выполнения обратной задачи квалиметрии, позволяет сократить количество циклов исследования из-за учета гораздо большего количества факторов при рассмотрении не одного, а одновременно нескольких допустимых вариантов системы.

Основным способом определения показателя качества реального результата операции является моделирование, в первую очередь, логико-математическое. Разработка корректных моделей функционирования сложных систем сложна и трудоемка. Поэтому очень часто, при отсутствии моделей, для исследования сложных систем приходится применять, прежде всего, структурные статические модели или методы квалиметрии.

В заключение необходимо еще раз отметить, что как оценивание качества объектов-систем в квалиметрии, так и оценка качества их функционирования в теории эффективности завершается принятием решений соответственно о качестве или эффективности, т.е. без знания теории принятия решений невозможно проведение исследования качества сложных

объектов-систем. В первой главе было отмечено, что современный системный анализ предполагает органическое использование методов теории принятия решений.

1. Предмет и основные исходные положения теории принятия решений. Классификация задач принятия решений.

1.1. Предмет и основные исходные положения теории принятия решений

Модель проблемной ситуации включает выбранные критерии, сформированные допустимые альтернативы и модели, обеспечивающие определение показателей привлекательности альтернатив или показатели эффективности операций сложных систем. В результате моделирования проблемной ситуации создаются условия для решения задачи выбора из допустимых альтернатив.

Процессу выбора решений свойственны свои закономерности, принципы и методы которые изучаются одним из важнейших в настоящее время научным направлением — теорией принятия решений. Изучением ряда работ по этой теории установлено, что к основным ее положениям, имеющим методологическую значимость, относятся следующие положения:

1. предмет и основные понятия теории принятия решений;
2. виды задач принятия решений;
3. классификация и общая характеристика задач принятия решений;
4. характеристика методов решения основных, наиболее типичных задач принятия решений.

В русском языке термин «решение» означает заключение, вывод из чего-нибудь, а решить (принять решение) — обдумав, прийти к какому-нибудь выводу. Специалисты под принятием решений понимают особый процесс человеческой деятельности, направленный на выбор наилучшего или удовлетворяющего определенным требованиям варианта действий или объекта. **Предметом теории принятия решений являются**

закономерности процесса принятия решений и разработка методов и технологии их подготовки и выбора. При этом центральное место в проблематике науки о принятии решений занимает исследование процесса выбора человеком одного из вариантов решения. **На процесс принятия человеком решения влияют многие факторы. К основным факторам относятся, прежде всего, интеллект, особенности психики и уровень профессиональной подготовки людей, наличие и качество специальных методов, а также систем поддержки принятия решений (СППР).** В развитии теории принятия решений участвуют психологи, математики, специалисты по искусственному интеллекту, информатике, вычислительной технике, теории организаций и др. Специфическую «окраску» в применение положений и методов науки о принятии решений приносят ряд социально-гуманитарных (прежде всего, экономические, политические, социальные и другие науки), технических и естественных наук, военная наука.

Теория принятия решений рассматривает математические и другие модели процессов принятия решений и их свойства. Основной в ней является задача принятия решений — задача выбора из сформированных на начальных этапах системного анализа альтернатив. **Эта задача заключается в определении оптимального (наилучшего), лучшего или эффективного варианта решения для достижения поставленных целей.**

Под **целью**, как уже отмечалось в предыдущих главах, понимается **идеальное представление желаемого состояния или результата деятельности.** *Если реальное состояние или результат не соответствует желаемому, то имеет место проблема.* **Выработка плана действий по устранению проблемы составляет сущность задачи принятия решений.** Проблема всегда связана с определенными условиями, которые принято называть сложившейся ситуацией. **Совокупность проблемы и ситуации образует проблемную ситуацию.** Выявление, описание и моделирование проблемной ситуации дает исходную информацию для постановки задачи принятия решений.

Общую ситуацию, в которой происходит принятие решения, характеризуют следующие основные признаки:

- 1) наличие цели;
- 2) наличие определенного числа альтернативных (взаимоисключающих) действий для достижения цели — вариантов; если же имеется

один вариант действий, то выбора нет и решение принимать не надо, оно очевидно;

3) наличие ограничивающих факторов: решение принимается обычно в условиях действия большого числа факторов, ограничивающих возможность выбора из альтернатив. Отсутствие ограничений значительно упрощает задачу принятия решения.

Таким образом, **задача принятия решения возникает в том случае, когда существует цель, которую надо достичь, возможны различные способы ее достижения и имеются факторы, ограничивающие возможности достижения цели.** Как было не раз отмечено во второй и других главах, основными ограничивающими факторами являются факторы внешней среды и ограничения на ресурсы.

Основную роль в задаче принятия решений играет лицо, принимающее решение. ЛПР, называют человека (группу людей), имеющего (имеющих) цель, которая служит мотивом постановки задачи и поиска путей ее решения. Оно принимает решение на основе своей системы предпочтений и несет за него ответственность. В задачах принятия решений участвуют и другие люди или группы людей.

Рассмотрение предмета и основных положений теории принятия решений осуществляется чаще всего применительно к выбору лучших вариантов. Выделяют **по признаку особенностей** цели четыре традиционные задачи принятия решений:

1. распределение альтернатив по классам (определение принадлежности альтернатив, сортировка);
2. упорядочение альтернатив, т.е. их ранжирование по ценности, привлекательности, качеству или важности;
3. определение пригодности альтернатив;
4. выделение одной лучшей альтернативы или нескольких лучших альтернатив.

Задача распределения альтернатив по классам (сортировки) очень часто встречается на практике. Пример. Так, на классы подразделяются по престижности места работы, вузы, по качеству — группы товаров, по привлекательности для чтения — книги и др. В основе решения подобных задач лежит группирование в классы по степени

интенсивности действия различных факторов или проявления свойств, по которым классифицируются альтернативы.

Задача упорядочения альтернатив предполагает ранжирование альтернатив по ценности или важности, а значит и определение лучшей альтернативы.

В задачах определения пригодности **предпочтения ЛПР** изменяются скачком от 0 до 1 — либо альтернативы его не удовлетворяют полностью, либо удовлетворяют в полной мере. Такие задачи могут **решаться двумя способами. Первый** из них заключается в определении всех пригодных альтернатив, а затем в выделении из них лучшей. При **втором способе** находится лучшая альтернатива, которая затем проверяется на пригодность. Отсюда следует, что задача определения пригодности альтернатив теснейшим образом связана с задачей выделения лучшей альтернативы.

Из вышеизложенного ясно, что главной в теории принятия решений является задача выделения и выбора лучшей альтернативы.

1.2. Виды задач принятия решений

На начальных этапах развития теории принятия решений в самом общем случае считалось, что задачу принятия решения образует пара $\langle A, Kpn \rangle$, в которой A является множеством вариантов решения (из них нужно выделить некоторое подмножество лучших альтернатив, в частном случае — одну), а Kpn — решающее правило (в частном случае для хорошо структурированных проблем — критерий оптимальности), дающее представление о качестве вариантов. Следовательно, наиболее общая постановка задачи принятия решения могла быть записана в виде следующего логического высказывания

$$\langle A, Kpn; A' \in A \rangle$$

Это высказывание означает, что из множества альтернатив A по решающему правилу Kpn необходимо выделить подмножество лучших альтернатив A ($A' \in A$). Отсутствие хотя бы одного из указанных элементов лишает задачу принятия решения смысла. Если нет множества A , то выделить решение не из чего. Если нет решающего правила Kpn , то найти подмножество A невозможно, поскольку неизвестно, как выбирать решение.

Задачи принятия решений, в зависимости от имеющейся информации о множестве вариантов решения A и решающем правиле K_{rp} , разделялись на три вида:

- 1) общие задачи принятия решений;
- 2) задачи выбора;
- 3) задачи оптимального выбора (общие задачи оптимизации).

В общей задаче принятия решений как A , так и K_{rp} могут быть

неизвестными. Здесь множество A не имеет заранее определенных границ, оно может в процессе формирования решения дополняться и видоизменяться, а решающее правило K_{rp} не формализовано или даже не фиксировано.

В задаче выбора множество A однозначно определено, но решающее правило K_{rp} не формализовано или даже не фиксировано.

В задаче оптимального выбора множество A однозначно определено, а решающее правило K_{rp} формализовано, т.е. может быть описано количественно, представляет собой критерий оптимальности и результаты его применения к элементам A не зависят от субъективных факторов.

Задача выбора и общая задача оптимизации являются частными случаями общей задачи принятия решений. Общая задача принятия решений и задача выбора относятся к не полностью определенным задачам.

Решение общей задачи принятия решений в теории предусматривается сведением ее к задаче выбора путем сужения универсального множества альтернатив (под ним понимаются все возможные, в том числе и заведомо непригодные варианты) до множества возможных рациональных альтернатив, которое называется допустимым. Вместе с тем в традиционной теории принятия решений не разрабатываются методы формирования множества допустимых альтернатив.

Три вида задач, которые изначально рассматривались в теории принятия решений, подтверждают, что основной в ней является задача выбора лучшей альтернативы и методы ее решения. При этом считается, что цель и допустимые альтернативы полностью или хотя бы частично уже известны.

1.3. Классификация и общая характеристика задач принятия решений

Задачи принятия решений классифицируются по нескольким признакам или основаниям. Наиболее общими и существенными из них являются:

1. степень определенности факторов, влияющих на процесс выбора и принятия решения;
2. количество критериев, по которым сравниваются альтернативы;
3. степень объективности модели принятия решения;
4. степень проявления фактора времени;
5. количество лиц, принимающих решения;

1. Степень определенности факторов является одним из важнейших классификационных оснований задач принятия решений, так как во многом предопределяет сложность этих задач. Она характеризуется полнотой и достоверностью переменных, характеризующих эти факторы и доступных для использования при принятии решений. Один из вариантов классификации факторов изложен в четвертой главе, посвященной теории эффективности сложных систем. Принципиальным моментом в нем является деление факторов на определенные и неопределенные факторы. Она нуждается в некотором уточнении.

Так, в классификации факторов их нестохастическая неопределенность (не случайная неопределенность) указывается трех следующих видов: природная, поведенческая и целевая.

Природная неопределенность свойственна для так называемых игр с пассивной средой или «природой». Поведение пассивной среды часто характеризуется законами распределения вероятностей ее состояния. Моделирование процесса принятия решений в этом случае осуществляется методами теории статистических решений, которые являются естественным продолжением вероятностных методов описания специфических неопределенных ситуаций.

Поведенческая неопределенность присуща особой группе факторов, для которых характерно наличие активной внешней среды, которая проявляется в

сознательном, целенаправленном поведении, определяемом наличием у нее собственной цели. В общем случае цели ЛПР и активной внешней среды могут не только отличаться друг от друга, но и быть прямо противоположными. В последнем случае наличествует конфликтная ситуация. Моделирование процессов принятия решений в этих условиях осуществляется методами теории игр.

Природная и поведенческая неопределенности могут быть описаны математическими зависимостями, т.е. задачи принятия решений при таких неопределенностях используются для обоснования решений по хорошо структурированным проблемам.

Целевая неопределенность для теории принятия решений не является актуальной. Это обуславливается тем, что определение цели является одним из важных начальных этапов системного анализа и выполняется в его рамках. Когда необходимо использовать методы теории принятия решений, данный этап уже выполнен.

Пример. В сложных видах человеческой деятельности, прежде всего, в социально-гуманитарной и военной сферах, очень часто приходится принимать решения в условиях такой неопределенности, которая не может быть учтена никакими формальными зависимостями. При этом каждая возможная альтернатива может привести к любому исходу из некоторого множества исходов, причем отсутствует даже информация о стохастической зависимости исходов от альтернатив. В таких случаях имеет место четвертый тип связи альтернатив и исходов, когда принятие решений происходит в условиях неопределенности. Принятию решений в условиях такой неопределенности характерна большая неполнота и недостоверность информации, многообразие и сложность влияния факторов. Эти обстоятельства не позволяют в настоящее время построить адекватные строгие математические модели для определения оптимального решения. Для описания неопределенных переменных и действий в таких условиях часто используются нечеткие множества и алгоритмы. Поэтому в них основную роль в поиске приемлемого или эффективного решения играет человек.

В соответствии с вышеизложенной характеристикой факторов, в зависимости от степени определенности информации о них, можно выделить следующие основные типы задач принятия решений:

- задачи принятия решений в условиях определенности (детерминированные задачи);
- задачи принятия решений в условиях стохастической неопределенности;
- задачи принятия решений в условиях природной неопределенности;
- задачи принятия решений в условиях поведенческой неопределенности (задачи в условиях активной внешней среды и конфликтных ситуаций);
- задачи принятия решений в условиях сочетания определенности и неопределенности;
- задачи принятия решений в условиях неопределенности.

Задачи 2-го и 3-го типов еще называются задачами в условиях риска, так как в них оперируют со случайными переменными.

2. Очень важным классификационным признаком для задач принятия решений является **количество критериев, по которым сравниваются альтернативы**. Этот признак вместе со степенью определенности факторов в решающей мере влияет на сложность процессов и специфику методов, применяемые в задачах выбора.

Важность количества критериев для выделения типов задач выбора обуславливается тем, что любая проблема может быть декомпозирована в иерархию из трех уровней вида «цель — общий критерий — альтернативы». При этом общий критерий может состоять из одного критерия или включать некоторое множество частных критериев. В соответствии с этим признаком задачи принятия решений подразделяются на **однокритериальные и задачи при многих критериях**.

В первом случае решения оцениваются по единственному критерию, который характеризуется числовым показателем, представленным в виде скалярной функции, заданной на множестве возможных решений.

Во втором случае каждое решение оценивается по некоторому множеству частных критериев. При этом выбор лучшего гораздо сложнее, чем при использовании одного показателя, и обосновывается с помощью методов многокритериальной оптимизации.

В настоящее время многокритериальные задачи принятия решений по структуре критериев принято делить на задачи с неиерархическими и

иерархическими критериями. Это обуславливается тем, что обычно под многокритериальными задачами понимались задачи, имеющие общий векторный критерий, который состоял из некоторого числа частных критериев. Для структуры векторного критерия, как уже отмечалось во второй главе, характерно то, что частные критерии могут быть зависимыми (чаще всего) или независимыми, иметь различные важности, но обязательно находиться на одном уровне, т.е. связи типа «подчинение-подчиненность» между ними отсутствуют.

При решении сложных проблем, например, в социально-гуманитарной и военной сферах, векторного критерия в многокритериальных задачах принятия решения зачастую недостаточно. Иерархичность проблем обусловила необходимость использования для оценки альтернатив иерархического общего критерия, в котором имеется несколько уровней частных критериев, находящихся в связях «подчинение-подчиненность».

3. По типу используемой при выборе решения модели обычно выделяют задачи принятия решений с объективными и субъективными моделями.

В первом случае объективная модель является средством отражения объективной информации и обеспечивает получение объективных данных, достаточных для выбора оптимального или оптимизации решения практически без участия ЛПР.

Однако часто неопределенность в задачах выбора является принципиальной. Она не может быть исключена даже в случае использования при обосновании решений по слабоструктуризованным проблемам для расчетов вектора частных количественных показателей альтернатив объективных моделей, так как присутствует неопределенность важности частных показателей. Тем более это касается неструктуризованных проблем. Люди, принимающие решения и несущие ответственность за их последствия, в таких ситуациях оказываются единственным источником информации, позволяющим оценить варианты решений и выбрать из них лучший вариант. Использование системы предпочтений ЛПР становится принципиальным моментом в процессе формирования решений. В этом случае субъективная информация ЛПР представляется как единственно возможная основа объединения параметров рассматриваемой проблемы в единую модель, позволяющую оценить варианты решений. Следовательно, модель зависит от личности ЛПР, т.е. является с этой точки зрения субъективной. Однако определенная степень субъективности предпочтений

ЛПР не означает произвола в выборе решений, так как предпочтения ЛПР находятся в рамках определенной рациональной системы, опирающейся на закономерности объективного мира.

Субъективность и невозможность формализации системы предпочтений ЛПР для слабоструктуризованных проблем, принципиальная невозможность описания формальными средствами процесса выбора решений по неструктуризованным проблемам явились основанием, в соответствии с которым модели задач принятия решений для этих проблем считаются субъективными.

4. По признаку, учитывающему степень проявления фактора времени, задачи принятия решений делятся на динамические и статические. В динамических задачах их характеристики, в том числе альтернатив, зависят от времени, а в статических — не зависят. При этом имеется в виду не абсолютная, а относительная зависимость характеристик от времени. В динамических задачах выбора характеристики существенно изменяются в течение самого цикла принятия решения, а в статических — они за время данного цикла практически не изменяются.

Динамические задачи — это, как правило, задачи управления некоторыми динамическими объектами. Считается, что они сложнее статических задач. Решением задачи является выработанное управляющее воздействие на динамический объект, изменяющее его состояние требуемым образом. В качестве множества допустимых альтернатив используется множество допустимых управлений. Каждому управлению ставится в соответствие определенный показатель качества управления. В ограничения задачи включаются как ограничения на управления, так и ограничения на состояние управляемого объекта. Каждому варианту управления соответствует определенное значение показателя его качества, и задача управления заключается в том, чтобы найти и реализовать такой вариант управления, при котором значение показателя качества оптимизируется, и выполняются ограничения, определяемые конкретными условиями управления.

В статических задачах принятия решений используются дискретные значения переменных, решения в них также являются дискретными. В динамических задачах используются непрерывные переменные. Решения в них также являются непрерывными. Нередко задачи с непрерывными переменными и решениями сводятся к статическим дискретным задачам.

Большинство задач принятия решения, с которыми приходится иметь дело исследователям и практикам в социально-гуманитарной и в военной сферах, являются статическими с дискретными переменными и решениями. В связи с этим в дальнейшем изложении будут рассматриваться методы выбора из альтернатив именно для таких задач, которые далеко не всегда проще, а часто — и сложнее, динамических задач.

5. По признаку количества лиц, принимающих решения, задачи разделяются на задачи индивидуального и группового (коллективного) выбора. Индивидуальные решения принимаются одним лицом, а групповые — коллективным органом. Под групповым выбором понимают процедуру принятия коллективного решения на основе согласования индивидуальных предпочтений членов группы. Это согласование производится в соответствии с принципом группового выбора, который определяет правило согласования предпочтений и выбора эффективного или оптимального решения. Наиболее многочисленны и значимы задачи индивидуального выбора. Им в дальнейшем и будет уделено основное внимание.

2. Методологические аспекты выбора решений по одному критерию в условиях определенности, стохастической, природной и поведенческой неопределенности

2.1. Методологические аспекты выбора решений по одному критерию в условиях неопределенности

Постановка задачи выбора решения по одному критерию (скалярному количественному показателю) в условиях определенности в самом общем виде может быть представлена следующим логическим высказыванием

$$\langle A_0, F_0, K_0; a'_0 \in A_0 \rangle, \quad (6.1)$$

где A_0 — множество всех альтернатив, которые подвергаются анализу с использованием критерия оптимальности; F_0 — количественный скалярный показатель, характеризующий привлекательность или качество альтернатив в условиях определенности; K_0 — критерий оптимальности для условий определенности; a'_0 — выделенная с помощью критерия K_0 оптимальная альтернатива.

Логическое высказывание (6.1) означает, что из множества альтернатив A_0 по значениям скалярного показателя качества альтернатив F_0 , определяемых с помощью объективной модели, применением критерия оптимальности K_0 , выделяется, как правило, одна оптимальная альтернатива a_0 .

Определенность означает то, что значения показателя находятся в математической зависимости от альтернатив и факторов среды, а предпочтения ЛПР на выделение наилучшей альтернативы формализуются в критерии оптимальности. В силу этого из множества альтернатив можно выделить одну оптимальную альтернативу a'_0 ($a'_0 \in A_0$).

Более того, альтернативы могут быть формализованы и представлены набором X количественных переменных $X_i (i = 1, N)$. Показатель в полной мере отражает цель операции по выбору решения, поэтому функция $F(x)$, по которой он определяется, называется целевой. Требования системы предпочтений ЛПР, кроме использования критерия оптимальности, проявляются в том, что лицо, принимающее решение, должно убедиться (самостоятельно или с помощью специалистов-аналитиков, экспертов) в корректной формализации всех компонентов проблемы и правильности ограничений на область изменения переменных, которые в таких задачах всегда существуют. Это обуславливается тем, что в задачах выбора с объективными моделями, как уже отмечалось в первой главе, находится оптимальная альтернатива с точностью до предпосылок и допущений использованных методов ее определения.

В этих условиях задача выбора представляется как задача определения оптимального набора переменных X'_0

$$X'_0: \text{extr} F(x) \quad (6.2)$$

при некоторых ограничениях в виде неравенств и равенств на область изменения переменных

$$q_l(x) \leq 0, l = (1, l_0) \text{ вектор} \quad (6.3)$$

$$h_k(x) = 0, k = (1, k_0) \text{ вектор}$$

где extr — экстремум (максимум (минимум), если значение целевой функции надо максимизировать (минимизировать), представляющий в сочетании с конкретным методом нахождения экстремума целевой функции критерий оптимальности.

При решении таких оптимизационных задач ориентируются, как правило, на использование методов глобальной оптимизации, которые позволяют решать задачи безусловной (допустимая область переменных — все n -мерное пространство) и условной (допустимая область переменных ограничена равенствами и (или) неравенствами) оптимизации. Методы глобальной оптимизации строятся с использованием классических аналитических методов или, если это невозможно, как последовательность методов локальной оптимизации.

Конкретные методы решения рассматриваемой задачи оптимального выбора зависят от сложности и статичности или динамичности ее компонентов X , $q(x)$ и $h(x)$. Рассмотрим вначале методы решения статических задач.

Если переменных немного, а целевая функция и ограничения аналитические, то, как правило, решение может быть получено классическими аналитическими методами (методами решения нелинейных уравнений и их систем: методом Лагранжа, методом исключения, «алгоритмическим методом» и др.). При количестве переменных не более 2-3 может использоваться графический метод. В более сложных случаях, когда для получения даже одного измерения целевой функции сопряжено со значительными затратами ресурсов, применяются методы вариантного анализа. Эти методы включают серию чередующихся этапов формального и неформального характера, позволяющих сузить множество вариантов и выбрать оптимальное решение.

Если размерность целевой функции высока, присутствует большое число уравнений и ограничений сложного вида, то для нахождения оптимального решения используются численные методы локальной оптимизации, которые требуют применения ЭВМ и специального математического обеспечения. Из этих методов наиболее широко известны и применяются процедуры и алгоритмы математического программирования, которые классифицируются по виду целевой функции и области допустимых решений (значений переменных), статичности или динамичности элементов задачи и другим основаниям.

Если целевая функция и ограничения линейны, то задача называется задачей линейного программирования, в противном случае — задачей нелинейного программирования. Различают несколько видов нелинейного программирования, например, выпуклое, квадратическое, геометрическое, сепарабельное ([топологическое пространство](#), содержащее [счётное всюду](#)

[плотное множество](#)) и др. Важным и сложным разделом математического программирования является дискретное, в том числе целочисленное программирование. В зависимости от структуры допустимой области решений задачи программирования могут быть дискретными и непрерывными, одномерными и многомерными.

Наиболее известными детерминированными задачами с дискретными значениями переменных и решений являются коммивояжера, о минимальном покрытии графа, минимаксная задача о назначениях. Для их решения часто используются алгоритм Гомори, метод сетей и границ, динамическое программирование, эвристические алгоритмы, методы случайного поиска и др., а в последнее время — алгоритмы отжига, генетические алгоритмы и нейронные сети.

Для решения однокритериальных динамических задач оптимального выбора в условиях определенности в настоящее время применяются различные методы. Например, наиболее известны следующие основные классы методов условной оптимизации:

1. прямые методы, основанные на сведении динамической задачи с непрерывным временем к статической задаче с дискретным временем, которая решается рассмотренными ранее методами математического, как правило, нелинейного программирования; при применении прямых методов усложняется процесс решения задач из-за повышения их размерности и возникновения определенных трудностей в машинной реализации;
2. классические методы (вариационное исчисление);
3. методы, базирующиеся на динамическом программировании Р. Беллмана;
4. методы сетевого планирования и управления;
5. методы, основанные на использовании принципа максимума Понтрягина и др.

2.2. Методологические аспекты выбора решений по одному критерию в условиях стохастической, природной и поведенческой неопределенности

1. Общая постановка задачи принятия решения по одному критерию в условиях стохастической неопределенности соответствует логическому

высказыванию $\langle A_0, F_0, K_0; a'_0 \in A_0 \rangle$, (6.1) , но с учетом того, что переменные описываются с помощью вероятностных характеристик. Сами вероятностные характеристики являются уже не случайными, поэтому с ними можно производить, как правило, операции по нахождению оптимальных решений, но в условиях риска. Поэтому критерий оптимальности в таких задачах является критерием оптимальности в условиях риска.

Для статических задач в условиях стохастической неопределенности характерны ряд ситуаций, обладающих той или иной степенью неопределенности и требующих применения специфических вероятностно-статистических методов для выбора решений. Для решения динамических задач выбора в условиях стохастической неопределенности разработан ряд динамических моделей неоднородных задач принятия решений. В их число входят и марковские модели принятия решений.

2. *Естественное и важное продолжение вероятностных методов решения статических задач составляют методы теории статистических решений.* Эта теория позволяет решать особый класс многочисленных задач по выбору оптимальных решений в условиях риска при играх с пассивной средой или «природой», которая не противодействует сознательно, но ее состояние может существенно повлиять на исход проводимой ЛПР операции. Постановка задачи выбора в этих условиях может быть представлена следующим высказыванием:

$$\langle \Theta_n, A_n, F_n, K_{on}, a'_{on} \in A_n \rangle$$

где Θ_n — множество состояний пассивной природы; A_n — множество всех альтернатив, подвергающихся анализу; F_n — множество показателей качества альтернатив в условиях природной неопределенности; K_{on} — критерий оптимальности альтернатив для этих условий; a'_{on} — оптимальная альтернатива, выделенная в результате анализа.

В таких задачах множество Θ_n часто представляется конкретными возможными состояниями среды $\Theta_{nj} \in \Theta_n (j = \overline{1, L})$, которые характеризуются законами распределения вероятностей. Для каждого состояния среды и каждой альтернативы A_{nk} ($A_{nk} \in A_n, k = \overline{1, M}$) рассчитываются показатели $f_{jk} = f(\Theta_{nj}, A_{nk})$. Они образуют матрицу размером $L \times M$ (табл. 6.1), элементы которой представляют собой показатели привлекательности k -й альтернативы для j -го состояния среды.

Таблица 6.1. Матрица показателей привлекательности альтернатив

	A_{n1}	....	A_{nk}	....	A_{nM}
Θ_{n1}	f_{11}	....	f_{1k}	....	f_{1M}
....
Θ_{nj}	f_{j1}	....	f_{jk}	....	f_{jM}
....
Θ_{nL}	f_{L1}	....	f_{Lk}	....	f_{LM}

Для выделения оптимального решения по этой матрице используются критерии оптимальности в условиях риска, которые зависят от конкретной информационной ситуации в задаче. Ряд критериев оптимальности основывается на использовании показателей полезности, выигрыша, эффективности, вероятностей достижения целей и т.п. (их надо максимизировать). Другие учитывают потери, проигрыш, сожаления, ущерб, риск и т.д., которые необходимо минимизировать. Третьи сочетают в себе первые и вторые. При этом для одной информационной ситуации может быть несколько критериев оптимальности, отличающихся друг от друга допустимой степенью риска.

В методологическом плане для подобных задач следует отметить роль системы предпочтений ЛПР в формировании множества состояний среды и решений, а также в выборе показателей качества альтернатив и используемого критерия (критериев) оптимальности. В выборе критериев оптимальности существенную помощь ему оказывают специалисты-аналитики, которые изучают склонность ЛПР к риску и рекомендуют соответствующие критерии. Из этого следует вывод, что роль ЛПР при выделении лучших альтернатив в условиях природной неопределенности значимей, чем при обосновании решений в условиях определенности.

3. Особый и довольно многочисленный класс составляют задачи выбора альтернатив в условиях поведенческой неопределенности, которая порождается активной внешней средой. Дело в том, что во многих областях человеческой деятельности, особенно экономической, финансовой и военной, приходится рассматривать проблему принятия решений в условиях неопределенности особого рода, когда имеется активная внешняя среда и

конфликтная ситуация. Под конфликтной ситуацией понимается такая ситуация, в которой сталкиваются интересы двух и более сторон, преследующих разные цели. Причем результат любого действия каждой из сторон зависит от того, какой образ действий выберут другие стороны. Поскольку в конфликтных ситуациях каждая сторона, как правило, не располагает достаточными сведениями о том, что задумала другая сторона, решение принимается в условиях неопределенности. Конфликт не всегда предполагает наличие антагонистических (непримиримое противоречие) противоречий сторон, но всегда связан с определенного рода разногласиями. Конфликтная ситуация будет антагонистической, если цели действий сторон прямо противоположны. Увеличение выигрыша одной из сторон всегда приводит к уменьшению выигрыша другой стороны, и наоборот.

Выработкой рекомендаций по рациональному образу действий участников многократно повторяющегося конфликта занимается математическая теория конфликтных ситуаций — теория игр с выигрышами.

Наиболее полно разработана теория и методы решения такого класса игр, как матричные игры, относящиеся к разряду антагонистических игр. В таких играх участвуют два игрока. Принцип оптимальности поведения игроков основывается на равновесной ситуации, в нарушение которой не выгодно ни одному из игроков. Если равновесная ситуация соответствует только одной стратегии каждого из игроков, то такая ситуация называется седловой точкой, соответствующие ей оптимальные стратегии игроков — чистыми, а выигрыши игроков — ценой игры. Общая постановка задачи выбора в матричной антагонистической игре с седловой точкой выражается следующим логическим высказыванием

$$\langle B_a, A_a, F_a, K_{oa}; \alpha'_{oa} \in A_n \rangle$$

где B_a — множество стратегий активной внешней среды; A_a — множество стратегий игрока; F_a — множество показателей привлекательности альтернатив; K_{oa} — критерий оптимальности; α'_{oa} — оптимальная альтернатива (чистая стратегия) игрока, выделенная с помощью критерия K_{oa} .

Высказывание (6.5) означает, что с учетом стратегий B_a активной внешней среды из множества стратегий игрока A_a по показателям привлекательности альтернатив F_a , и критерию оптимальности K_{oa} необходимо выделить оптимальную стратегию α'_{oa} .

Применительно к постановке задачи выбора (6.5) в условиях поведенческой неопределенности множества B_a и A_a представляют соответственно множества стратегий противодействующей и своей стороны. Как и в игре с «природой», выбираются показатели привлекательности альтернатив, и строится платежная матрица (матрица игры). Применение одного из методов решения матричной игры (их имеется несколько) и использование критериев оптимальности позволяет выделять оптимальные, с точностью до ограничений и допущений теории игр, альтернативы. Критерии оптимальности основываются на использовании принципа максимина для своей стороны и принципа минимакса — для противодействующей.

Более типичными матричными играми, чем игры с седловой точкой, являются игры, решение которых включает цену игры и оптимальные смешанные стратегии. Смешанные стратегии задаются конкретными стратегиями игрока с указанием вероятностей их использования в ходе игры.

При использовании теории матричных игр необходимо учитывать, прежде всего, статистическую устойчивость рекомендаций по выбору оптимальных стратегий, т.е. их справедливость для многократно повторяющихся игр. В то же время, часто встречаются игры одноразовые или повторяющиеся небольшое количество раз. Для них выделенные с помощью игровых методов чистые или смешанные стратегии являются очень осторожными, ориентированными на самые разумные действия противодействующей стороны и минимизацию риска своей стороны. Кроме того, рекомендованные смешанные стратегии бывает сложно использовать, например, по той причине, что надо применить только одну альтернативу. В силу этого чистые или смешанные стратегии для не многократно повторяющихся игр не являются ни оптимальными, ни, как правило, эффективными. Вместе с тем, и для не многократно повторяющихся игр полезно построение и решение игровых матриц. Анализ этих матриц позволит повысить степень обоснованности принимаемых решений. Например, для определения рациональной своей стратегии и способов дезинформации и демонстративных действий для провоцирования противодействующей стороны на выгодный для своей стороны способ действий с оценкой степени риска.

Так, по количеству стратегий у игроков выделяются конечные и бесконечные игры.

По количеству участников различают игры с двумя и N участниками. По особенностям поведения игроков игры разделяют на бескоалиционные

(каждый игрок преследует свои интересы), коалиционные (участники образуют коалиции — множество игроков, действующих совместно), кооперативные бескоалиционные (участники в процессе игры эпизодически принимают совместные решения или образуют временные коалиции с последующим делением выигрышей).

По характеру получаемой игроками информации принято выделять игры в нормальной форме (участники имеют всю информацию до начала игры) и динамические игры (участники получают информацию в процессе игры).

По свойствам платежной матрицы игры делятся на антагонистические (с нулевой суммой, когда суммарный выигрыш равен нулю, и наличием конфликта) и игры с ненулевой суммой (игры с постоянной разностью, когда возможны случаи одновременного выигрыша или проигрыша игроков, что обуславливает возможность их объединения в коалиции).

Разрабатывается теория игр с предпочтениями, которая включает в себя и теорию игр с выигрышами. В играх с предпочтениями вместо прямых численных оценок ситуаций указывается их сравнительная предпочтительность для игроков.

Математическое моделирование конфликтных ситуаций, как и любых других процессов, невозможно без их схематизации, некоторого упрощения, т.е. принятия ряда допущений и ограничений. Поэтому на этапе постановки задачи принятия решения увидеть в реальном процессе черты конфликтной ситуации, выделить особенности процесса, которые позволят в дальнейшем отнести конфликтную ситуацию к тому или иному классу игр, выбрать метод моделирования и определить, позволят ли допущения и ограничения данного метода теории игр достичь заданной цели моделирования.

При применении методов теории игр значимость системы предпочтений ЛПР больше по сравнению с ее значимостью при использовании методов теории статистических решений. Так, важная роль ЛПР при формировании стратегий сторон, выборе показателей качества альтернатив и критериев оптимальности сохраняется. Для не многократно повторяющихся матричных игр, например, дополнительно может возникнуть необходимость выделения ЛПР лучшей альтернативы не с точки зрения модели игры (осторожная стратегия при минимизации риска), а такой стратегии, которая позволила бы получить больший, по сравнению с осторожной стратегией, выигрыш на основе приемлемого риска. При этом должны выбираться способы не только введения противоборствующей стороны в заблуждение относительно своего

варианта действий, но и, как уже отмечалось выше, провоцирования противоположной стороны на применение выгодной для своей стороны стратегии.

Таковы самые общие методологические положения по обоснованию решений по одному критерию в условиях определенности, стохастической, природной и поведенческой неопределенности.

3. Задачи принятия решений при многих критериях в условиях определенности

3.1. Особенности задач принятия решений при многих критериях в условиях определенности

Задачи выбора решения при многих критериях в условиях определенности представляют собой задачи выбора из допустимых альтернатив, сформированных на начальных этапах системного анализа, по векторным количественным показателям, которые рассчитаны с помощью объективных моделей. Сложность нахождения оптимальной альтернативы обусловлена тем, что один вариант решения может превосходить другой по ряду частных показателей и уступать по остальным. При таких условиях сказать, какой вариант решения объективно лучше другого не представляется возможным. Характерен также тот факт, что отсутствует объективный критерий оптимальности, так как он просто не существует. Вместо него с учетом субъективной информации о системе предпочтений ЛПР, прежде всего, о важности частных критериев можно сформировать только решающее правило оптимизации.

Следовательно, для задач выбора решений по векторному критерию характерно сочетание множества альтернатив (наборов переменных) и векторных показателей, учитываемых объективной моделью, и пространства важности частных показателей и формируемых решающих правил оптимизации, учитывающих информацию о субъективной системе предпочтений ЛПР и основанных на компромиссе между значениями и важностью частных показателей.

Таким образом, для решения задачи выбора по векторному количественному показателю в условиях определенности достаточно сформировать и применить решающее правило оптимизации. Для формирования решающего правила оптимизации используется, как было

отмечено выше, информация о системе предпочтений ЛПР и особенностях решаемой задачи. При этом информация о предпочтениях ЛПР является основной и во многом определяет способ формирования правила. В зависимости от способа формирования решающего правила, все методы многокритериального выбора условно делятся на две группы: эвристические и аксиоматические методы. Для углубленного понимания сути этих методов необходимо рассмотреть ретроспективный аспект их появления, становления и последующего развития.

Наличие хорошо обоснованных методов обоснования решений по скалярному количественному показателю с объективными моделями обусловило вначале естественное стремление попытаться свести задачу выбора по векторному критерию к задаче однокритериального выбора. В результате сформировалась группа эвристических методов. В этих методах ЛПР сразу выбирает вид свертки (агрегирования) векторного показателя привлекательности альтернатив в некоторый обобщенный скалярный показатель, который затем оптимизируется с помощью методов однокритериальной оптимизации. При этом постановка задачи выбора характеризуется следующим логическим высказыванием:

$$\langle F_0^{(m)}, P_{св}; \varphi(F_0^{(m)}), A_{ов}, K_0; a'_{ов} \in A_{ов} \rangle \quad (7.1)$$

$F_0^{(m)}$ — векторный количественный показатель привлекательности или качества альтернатив, определяемый с использованием объективной модели и состоящий из частных показателей F_{0i} , $i = \overline{1, M}$, $P_{св}$ — система предпочтений ЛПР, на основе которой выбран вид свертки векторного показателя $F_0^{(m)}$ в скалярный показатель $\varphi(F_0^{(m)})$, — множество допустимых альтернатив, сформированных на предыдущих этапах системного анализа; $a'_{ов}$ — лучшая альтернатива, выделенная из множества на основе применения критерия оптимальности K_0 .

Данное логическое высказывание означает, что сначала с учетом системы предпочтений ЛПР $P_{св}$ выбирается вид свертки векторного показателя $F_0^{(m)}$ в скалярный показатель $\varphi(F_0^{(m)})$. Затем из множества допустимых альтернатив $A_{ов}$ применением критерия оптимальности для условий определенности K_0 выделяется, как правило, одна лучшая альтернатива $a'_{ов}$. Принципиальным здесь является выделение не оптимальной, а лучшей альтернативы, несмотря на применение критерия оптимальности K_0 и методов однокритериальной оптимизации, которые для

хорошо структуризованных проблем позволяют находить оптимальные альтернативы. Это обусловливается определенной степенью произвола при свертке векторного показателя в скалярный показатель, что не позволяет вести речь об оптимальности выделяемой альтернативы.

В связи с наличием у эвристических методов недостатков была разработана вторая группа — аксиоматические методы, которые сложнее эвристических, но позволяют решать задачи многокритериального выбора более обоснованно и наглядно для ЛПР. В методах данной группы способ формирования решающего правила оптимизации основывается на предварительном выдвижении и проверке справедливости ряда аксиом. Установление справедливости аксиом позволяет определить для ряда методов этой группы вид и параметры функции полезности, которая используется в решающем правиле при выборе лучших альтернатив.

По способу реализации как эвристические, так и аксиоматические методы подразделяются на одно- и многошаговые (итеративные) методы. При использовании одношаговых методов решение находится за один прием (шаг) на основе однократно сформированного решающего правила оптимизации. В многошаговых, как правило, эвристических процедурах одно и то же решающее правило оптимизации используется многократно с корректировкой функции свертки. В многошаговых, как правило, аксиоматических процедурах реализуется принцип «вложенных отношений». Этот принцип предполагает использование составного решающего правила оптимизации, предусматривающего последовательное применение все более совершенных частных решающих правил (формируемых на основе все более сложной информации о предпочтениях ЛПР, которая не изменяет использованную информацию при формировании предыдущих частных правил), к множествам альтернатив, все более уменьшаемым по мощности на каждом шаге.

Перед рассмотрением эвристических и аксиоматических методов решения задач многокритериального выбора в условиях определенности целесообразно рассмотреть аксиоматический метод выделения лучших альтернатив по критерию Эджворта-Парето. Это обусловливается важностью положений этого метода и выделяемых с его использованием альтернатив для понимания существа как эвристических, так и аксиоматических процедур.

3.2. Методы выделения лучших альтернатив по критерию Эджворта-Парето. Эффективные альтернативы и их свойства

В практике существует много задач выбора решений по векторному показателю, для которых характерен ряд допущений, которые позволяют на основе аксиом и теорем из множества допустимых альтернатив выделить так называемые эффективные или оптимальные по Э-П альтернативы $A_{ov}^{j-1} \in A_{ov}$. К таким допущениям относятся следующие:

1. предпочтения ЛПР на множестве векторных оценок допустимых альтернатив не изменяются скачком (от 0 до 1, т.е. от полной непригодности до полной пригодности), и для любой векторной оценки можно так изменить ее компоненты, что исходная и новая оценки будут одинаковы по предпочтительности;

2. для ЛПР большие значения частных показателей предпочтительнее меньших (это допущение всегда можно выполнить заменой знака у показателя, значения которого необходимо уменьшить);

3. частные показатели взаимонезависимы по предпочтению.

Частные показатели называются взаимонезависимыми по предпочтению, если направления предпочтения ЛПР по каждому частному показателю не изменяются в зависимости от того, какие значения принимают другие показатели.

Для иллюстрации часто приводится следующий пример.

Пусть работа промышленного предприятия характеризуется тремя показателями:

G — объем запланированной промышленной продукции;

T — время, оставшееся до конца планового периода;

$Ср$ - доля задействованного резервного фонда, например, в процентах от общей его величины.

При этом могут сложиться две ситуации, которые будут влиять на направление предпочтений ЛПР значений одного из частных показателей. Так, если предприятие работает хорошо и имеется необходимый запас времени для выполнения плана выпуска продукции, то ЛПР предпочтет меньшие значения показателя задействованных резервов. В другой ситуации, когда выполнение плана окажется под угрозой срыва, ЛПР изменит свои

предпочтения по третьему показателю, так как для обеспечения сроков выполнения плана потребуется увеличение задействованного резервного фонда.

Приведенный пример показывает, что уже при трех показателях возможна их зависимость по предпочтению. В этой связи разработаны специальные алгоритмы работы специалистов-аналитиков с ЛПР для получения информации о независимости частных показателей по предпочтению. Если информация получена положительная, то для такой задачи выбора справедлива аксиома Э-П. По ней для числа альтернатив не больше трех можно выделить ядро строгого предпочтения — эффективные или оптимальные по Э-П альтернативы. Это альтернативы, которые, не могут быть улучшены одновременно по всем показателям. Попытка улучшить альтернативу хотя бы по одному частному показателю приводит к ее ухудшению по другим показателям. Такие альтернативы также называют недоминируемыми (по векторным оценкам).

При числе частных показателей, большим трех, методы выделения эффективных альтернатив с использованием критерия оптимизации Э-П значительно усложняются. Они основываются на нескольких теоремах о свойствах эффективных стратегий: Подиновского; Гермейера; Куна, Таккера, Карлина. Существуют методы, включающие решение ряда задач математического программирования с использованием ЭВМ и требующие, как правило, довольно значительных затрат времени и ресурсов. Разработаны и другие более простые методы выделения эффективных альтернатив. Один из них, например, заключается в последовательной генерации альтернатив случайным образом, но при обеспечении равномерности их выборки на множестве допустимых решений. Выбранные альтернативы сравниваются на доминирование со всеми выделенными на предыдущих шагах недоминируемыми альтернативами по специальному правилу. Доминируемые альтернативы отсеиваются. Через определенное число циклов будут выделены эффективные варианты решения.

Для всех методов нахождения оптимальных по Э-П решений характерен такой уровень сложности, что они могут разрабатываться и применяться только опытными специалистами-аналитиками. При этом для дискретного случая может быть получено все подмножество A_{ov}^{p-1} , а для непрерывного множества A_{ov} подмножество эффективных альтернатив аппроксимируется отдельными точками.

Мощность подмножества $A_{ov}^{j-1} \in A_{ov}$ значительно меньше множества допустимых альтернатив A_{ov} . Поэтому в практике могут останавливаться на выделении и использовании этого подмножества для выбора из него лучших альтернатив. Для практического использования ЛПР необходимо выбрать, как правило, одну альтернативу. Однако подмножество эффективных альтернатив все же значительно, что существенно затрудняет выбор одной лучшей альтернативы. Поэтому для ЛПР желательно осуществлять выбор из меньшего, по сравнению с подмножеством A_{ov}^{j-1} , подмножества лучших альтернатив. Уменьшение мощности подмножества лучших альтернатив возможно только при получении от ЛПР более совершенной информации о предпочтениях, чем информация о независимости частных показателей по предпочтению. Такой информацией, является, например, информация об относительной важности частных показателей.

Информация о предпочтениях ЛПР может быть получена различная по сложности и качеству. В зависимости от этого формируются решающие правила оптимизации, обладающие различной «способностью» по сужению мощности множества лучших альтернатив $A_{ov}^{j-1} \in A_{ov}$. Основная информация от ЛПР о его предпочтениях может быть следующей:

1. о величине «замещений» частных показателей F_{ov} , или информация об относительной важности этих показателей (более сложная, чем информация об их независимости по предпочтению);
2. о значениях коэффициентов важности частных показателей F_{oi} , (самая сложная);
3. о виде функции свертки;
4. о виде и параметрах функции полезности.

Под предпочтением понимается любая форма упорядочения множества альтернатив A_{ov} и выбора из него одной лучшей альтернативы a_{ov}^* или подмножество лучших альтернатив A_{ov}^* . Для учета предпочтений ЛПР их необходимо выявить. Обычно выявляют два варианта постановки задачи.

Первая из них заключается в апостериорном выявлении предпочтений. Эта задача имеет место в том случае, когда принятие решения осуществляется многократно при неизменных или почти неизменных условиях и накоплен достаточный опыт о принятых ранее решениях.

Более сложной и наиболее характерной является задача априорного выявления и моделирования предпочтений ЛПР, включающаяся в сам процесс принятия решения. Такая задача предусматривает использования специальных процедур. При этом для выражения и описания предпочтений ЛПР в теории принятия решений используются различные способы.

3.3. Способы выражения и описания предпочтения лиц, принимающих решения

3.3.1. Общая характеристика способов выражения и описания предпочтений ЛПР

Для выражения и описания предпочтений ЛПР в моделях принятия решений используются соответственно элементарные суждения и представление предпочтений в виде отношений.

В теории принятия решений для выражения предпочтений используются элементарные суждения ЛПР и (или) экспертов в различных формах. Наиболее известными формами элементарных суждений являются попарные сравнения в различных вариантах, выражение предпочтений коэффициентами важности, субъективными вероятностями, лингвистическими переменными и др. К ним также отнесено распределение по классам (сортировка) и ранжирование альтернатив. Однако это можно признать только для несложных случаев, когда альтернативы просты и их мало. При сложных альтернативах и их большом числе, сортировка и ранжирование альтернатив представляют собой, не элементарные суждения, а самостоятельные задачи принятия решений.

Попарные сравнения являются одним из широко применяемых и сравнительно простых форм элементарных суждений для математического описания предпочтений в теории принятия решений. Они заключаются в последовательном предъявлении ЛПР и (или) экспертам только двух элементов из их множества и выражении этими лицами степени предпочтительности одного из элементов или их равенства. Результаты попарных сравнений могут выражаться числами или символами, определяемыми по специальным качественным шкалам перевода качественных суждений ЛПР о степени предпочтительности элементов, и представляются чаще всего в виде матрицы.

Попарные сравнения могут также осуществляться с использованием специальных балльных шкал, являющимися промежуточными между качественными и количественными шкалами.

Учитывая большую значимость этой формы элементарных суждений, речь о попарных сравнениях и их применении для определения, например, относительной важности частных показателей в работе будет вестись еще не один раз.

При выражении предпочтений коэффициентами важности ЛПР и (или) эксперты должны охарактеризовать степень проявления свойств каждого элемента из их множества неотрицательными нормированными коэффициентами (сумма их равна единице).

С характеристикой некоторых других элементарных суждений можно ознакомиться по имеющимся источникам. Это обусловливается локальностью такой формы элементарных суждений, как субъективные вероятности. Относительно лингвистических переменных следует отметить их значительную специфичность, сложность процедур принятия решений в условиях использования теории нечетких множеств и нечеткой логики, что предопределяет необходимость их рассмотрения в отдельной работе.

Для математического описания предпочтений, кроме приведенных форм элементарных суждений, используется универсальное их представление в виде отношений.

Отношение является математическим понятием для обозначения подмножества прямого декартова произведения множеств. Наиболее часто в практике принятия решений используются бинарные отношения, которые хорошо связываются с традиционными способами выражения элементарных суждений. Бинарным (двойным) отношением R на множестве элементов D называют подмножество упорядоченных определенным образом пар $(d_i; d_j)$ прямого декартова произведения $D \times D$ всех таких пар. Бинарные отношения обладают следующими свойствами:

1. связность, если для любых двух несовпадающих элементов $(d_i, d_j) \in D$ справедливо хотя бы одно из утверждений: $(d_i, d_j) \in R$, $(d_j, d_i) \in R$, т.е. все элементы множества находятся попарно в определенном отношении друг с другом;

2. рефлексивность (*Рефлексия (от позднелат. reflexio «обращение назад») — это обращение внимания субъекта на самого себя и на своё*

сознание, в частности, на продукты собственной активности, а также какое-либо их переосмысление), если для любого элемента $d \in D$ выполняется условие $(d, d) \in R$;

3. транзитивность, если для любой тройки элементов $di, dj, dk \in D$ из $(di, dj) \in R$ и $(dj, dk) \in R$ следует, что $(di, dk) \in R$, например, если $di > dj$ и $dj > dk$, то и $di > dk$;

4. симметричность, если из $(di, dj) \in R$ всегда следует, что и $(dj, di) \in R$.

Каждое из этих свойств имеет свой антипод.

Так, бинарное отношение несвязно и нетранзитивно (отношения, не удовлетворяющие этому свойству), если не выполняется условие связности и транзитивности.

Антирефлексивность означает, что из $(di, dj) \in R$ следует, что di не есть dj , т.е. отношение R справедливо только для несовпадающих элементов из D .

Антиподом симметричности для числовых и нечисловых бинарных отношений являются соответственно понятия антисимметричности и асимметричности. Антисимметричность означает, что из $(di, dj) \in R$ и $(dj, di) \in R$ следует равенство di и dj . Асимметричность означает, что из $(di, dj) \in R$ следует, что $(dj, di) \notin R$.

Значимость бинарных отношений и их свойств в теории принятия решений велика. Это определяется тем, что с их помощью формально задаются и описываются свойства всех отношений предпочтения. Основными отношениями предпочтения являются отношение строгого предпочтения $>$ отношение эквивалентности (безразличия) \sim . На их основе дополнительно вводят отношение нестрогого предпочтения \geq и несравнимости \nlessgtr и неразличимости $\#$ (толерантности). Наличие у некоторых из перечисленных отношений частных свойств обусловило их дополнительную градацию.

Запись $di > dj$ означает, что элемент di строго предпочтительнее элемента dj . Различается строгий частичный и связный порядок и квазисерия (мнимая серия или мнимый порядок). Строгий частичный порядок является транзитивным, антирефлексивным и асимметричным, а связный (серия) — еще и связным. Квазисерия обладает свойствами транзитивности, асимметричности и антирефлексивности.

Отношение $di \sim dj$ означает одинаковую предпочтительность элементов и обладает свойствами транзитивности, рефлексивности и симметричности.

Отношение нестрогого предпочтения \geq означает, что при предъявлении элементов di и dj ЛПР указывает либо $di > dj$, либо $di \sim dj$. Это отношение может представлять собой несвязный квазипорядок со свойствами транзитивности и рефлексивности, связный квазипорядок с дополнительным свойством связности и связный нестрогий порядок со свойствами транзитивности, антирефлексивности, асимметричности и связности.

Отношение $\frac{\geq}{\leq}$ несравнимости элементов di и dj означает, что ЛПР не может выразить отношения между ними. Отношение $\#$ неразличимости дополнительно к этому может означать эквивалентность элементов, т.е. $di \sim dj$. Оба эти отношения называются еще толерантностью и являются рефлексивными и симметричными.

Любое несвязное (частичное) отношение отличается от связного тем, что классы элементов из множества предъявления можно упорядочить по предпочтительности не полностью, а только частично.

Для всех отношений предпочтения, кроме толерантности, указано свойство транзитивности. Однако транзитивность может теряться при попарном сравнении элементов ЛПР и (или) экспертами, что свидетельствует о противоречивости их суждений. Обычно стремятся добиться непротиворечивости суждений этих лиц или провести операцию транзитивного замыкания полученных отношений. Операция основывается на одной из гипотез о транзитивности и связности суждений ЛПР, в соответствии с которой некоторое не транзитивное отношение R можно аппроксимировать «ближайшим» наименьшим транзитивным отношением R_0 , которое включает в себя R . Это позволяет в дальнейшем, если не оговорено, считать отношения строгого предпочтения $>$, безразличия \sim и нестрогого предпочтения \geq : транзитивными.

Каждую из форм элементарных суждений можно охарактеризовать посредством свойств бинарных отношений.

Потеря транзитивности происходит в том случае, если ЛПР не может четко выразить суждения об отношении на множестве элементов. Это, например, при сортировке приводит к толерантности. В таком случае иногда применяется аппарат задания нечетких отношений предпочтений с использованием лингвистической переменной. Нечеткие отношения и их

свойства в работе рассматриваться не будут. Это обусловливается их специфичностью и сложностью, как и теории нечетких множеств и нечеткой логики, что определяет, как уже отмечалось выше, необходимость отдельного изложения.

Одной из важнейших видов информации в системе предпочтений ЛПР, которая необходима как для эвристических, так и аксиоматических методов, является информация об относительной важности частных показателей. Она может определяться различными способами.

3.3.2. Способы определения относительной важности и значений коэффициентов важности частных показателей

В настоящее время в практике наиболее часто используются два способа определения важности частных показателей.

Первый способ предусматривает получение качественной информации об относительной важности частных показателей от ЛПР, т.е. об их равноценности или превосходстве, о величине «замещений». Эта информация получается в ходе контрольного предъявления ЛПР специально формируемых векторных оценок, которые должны удовлетворять двум требованиям. Первое из них состоит в том, что все их компоненты должны быть однородными (иметь общую шкалу). Второе требование предполагает одинаковость всех значений частных показателей, кроме тех двух, относительная важность которых выясняется. Если после перестановки контрольных компонент ЛПР считает одинаковыми по предпочтительности исходную и вновь полученную векторные оценки, то рассматриваемые частные показатели имеют одинаковую важность. В противном случае более важным считается тот показатель, который входит после перестановки в более предпочтительную векторную оценку.

Наиболее сложной информацией о предпочтениях ЛПР являются значения коэффициентов важности частных показателей. Перед рассмотрением способов определения значений этих коэффициентов необходимо уяснить вопрос об обеспечении однородности частных показателей.

Для обеспечения однородности частных показателей, имеющих различные шкалы, используют приемы эквивалентного преобразования неоднородных исходных показателей F_{0i} к единому безразмерному виду F_i .

Наиболее часто применяется нормирование неоднородных количественных показателей диапазонами их возможных значений, т.е.

$$F_i = \frac{F_{0i} - F_{0i}^{min}}{F_{0i}^{max(эм)} - F_{0i}^{min}}$$

где $F_{0i}^{max(эм)}$ и F_{0i}^{min} — соответственно максимальные или эталонные и минимальные значения исходных частных показателей, установленные путем логического анализа существа задачи или решением оптимизационных задач.

Второй способ определения важности частных показателей основывается на применении экспертных методов, которые позволяют сразу получать значения нормированных коэффициентов относительной важности частных показателей. Эти значения используются в эвристических методах решения векторных задач выбора при формировании функций свертки. Методов экспертного определения значений коэффициентов важности имеется значительное количество. Например, в число таких методов входят методы непосредственной численной оценки, балльного оценивания, попарного сравнения с градациями, относительных частот рангов, последовательных сравнений, графоаналитический метод и др.

В методе непосредственной численной оценки каждый эксперт из привлеченной для работы их группы непосредственно для каждого частного показателя F_i указывает нормированное значение коэффициента относительной важности K_{ei} . За групповую оценку значения коэффициента для частного показателя принимается, например, среднее арифметическое или среднее геометрическое из его оценок, указанных экспертами.

При использовании метода балльного оценивания для каждого частного показателя F_i , каждый j -й эксперт из группы ($j = 1, n$) присваивает балл K_{eij}^0 , выраженный в целых числах по принятой шкале, например, 0-100. Нормированное значение коэффициента относительной важности i -го частного показателя K_{ei} рассчитывается по формуле

$$K_{ei} = \frac{K_{ei}^0}{\sum_{j=1}^n K_{eij}^0} \quad (7.6)$$

Где K_{eij}^0 - суммарный балл для частного показателя определяемый по выражению

$$K_{ei}^{\delta} = \sum_{i=1}^m K_{eij}^{\delta}$$

Методы непосредственной численной оценки и бального оценивания в настоящее время применяются очень редко, так как не исключают существенных ошибок из-за субъективизма экспертов. Современные методы определения коэффициентов основываются на сравнении и установлении отношений между показателями, в том числе проведением попарных сравнений.

Суть метода попарных сравнений с градациями состоит в том, что группа экспертов должна произвести попарное сравнение на важность между собой всех частных показателей *Fi*. При этом степень важности необходимо выразить в числах с использованием специальных шкал, которые должны перекрывать весь возможный диапазон изменения важности показателей. В специальной шкале могут быть, например, следующие градации важности:

1 — показатели одинаковы по важности;

3 — имеются достаточные основания считать один показатель важнее другого;

5 — один показатель, безусловно, важнее другого.

При сравнениях могут использоваться промежуточные значения предпочтительности, т.е. числа 2 и 4. Если один элемент уступает другому, то его важность характеризуется обратной величиной: 1/3, ..., 1/5. В результате сравнений формируется матрица попарных сравнений важности показателей (табл. 7.1), элементы которой являются числами, характеризующими относительную важность частных показателей.

Вид матрицы попарных сравнений частных показателей по важности

Таблица 7.1

	F1	...	Fi	...	Fm
F1	1	...	W_{li}^0	...	W_{lm}^0
...
Fi	$1/W_{li}^0$	...	1	...	W_{im}

...
F _m	$\frac{1}{W_1}$ _m ⁰	...	$\frac{1}{W_{im}^0}$	...	1

Проведением специальных расчетов по элементам полученной матрицы несложно получить числовые коэффициенты важности частных показателей.

3.3.3. Методологические положения по сортировке и ранжированию альтернатив

К методологическим положениям относятся основные положения о сортировке и ранжировании и методы решения задач сортировки и ранжирования.

Сортировка заключается в распределении альтернатив на некоторое количество классов, для которых характерны отличие друг от друга по уровню предпочтительности и одинаковая предпочтительность альтернатив внутри классов. Она задает, как правило, отношение эквивалентности между альтернативами. Пусть, например, множество альтернатив A , предъявленное ЛПР и включающее девять альтернатив A_1, \dots, A_9 , необходимо распределить на три класса. В результате отображения предпочтительности альтернатив в поминальную шкалу могут быть получены следующие три класса: $A_3 \sim A_5 \sim A_8$, $A_4 \sim A_7$, $A_1 \sim A_2 \sim A_6 \sim A_9$. Если классы расположены в порядке возрастания или убывания предпочтительности, т.е. осуществлено их строгое ранжирование, то имеет место квазисерия $(A_3 \sim A_5 \sim A_8) > (A_1 \sim A_2 \sim A_6 \sim A_9) > (A_4 \sim A_7)$. В ней возможна не только эквивалентность, но и неразличимость альтернатив внутри классов.

При осуществлении сортировки может сложиться ситуация, когда элементы на границах классов будут иметь приблизительно одинаковую предпочтительность, т. е. являются эквивалентными или неразличимыми. В этом случае сортировка теряет свойство транзитивности и становится толерантной (только асимметричной и антирефлексивной), что является определенным недостатком.

Ранжирование альтернатив заключается в их представлении в виде последовательности в соответствии с возрастанием или убыванием предпочтительности. Существует строгое и нестрогое ранжирование.

Нестрогое ранжирование альтернатив, например, $A_5 > A_3 \sim A_8 > A_2 \sim A_1 > A_6 \sim A_9 > A_7 \sim A_4$ является связным нестрогим порядком. Если ранжирование строгое, т.е. $A_5 > A_3 > \dots > A_7 > A_4$, то отношение альтернатив является связным строгим порядком (серия). Ранжирование, как правило, осуществляется приписыванием альтернативам числовых оценок в ранговой шкале. Различают прямое и обратное ранжирование. При прямом ранжировании более предпочтительным альтернативам приписываются меньшие значения оценок, а при обратном — большие значения оценок.

Сортировка и ранжирование выражаются в качественных шкалах. Промежуточное положение между качественными и количественными шкалами имеет ранжирование альтернатив в балльных шкалах, которые используются в том случае, если предпочтительность альтернатив устанавливается по правилам, не допускающим двойного толкования.

Существует сравнительно много методов сортировки и ранжирования альтернатив. Одними из первых методов были методы обработки и анализа ранжировок и балльных оценок. Они могут быть использованы при количестве оцениваемых элементов не более 10, а в пределе — не более 20.

При обработке и анализе ранжировок сначала проводится экспертиза с привлечением группы экспертов. В ее ходе каждый эксперт размещает сравниваемые элементы в порядке возрастания или убывания их предпочтительности и приписывает им ранги в виде натуральных чисел. Например, при прямом ранжировании N элементов наиболее предпочтительный элемент имеет ранг 1, наименее предпочтительный — ранг N . Если эксперт не может осуществить строгое ранжирование из-за наличия в предъявленном множестве, по его мнению, одинаковых по предпочтительности элементов, то допускается присвоение таким элементам одинаковых рангов. При этом для обеспечения равенства суммы рангов сумме мест ранжируемых элементов, используются стандартизированные ранги. Такие ранги представляют собой средние арифметические номеров элементов в ранжировке, имеющих одинаковую предпочтительность.

На основе индивидуальных предпочтений экспертов путем их обработки и анализа строится групповое отношение предпочтения. При этом могут ставиться и решаться следующие задачи: определение тесноты связи между ранжировками двух экспертов с использованием коэффициентов ранговой корреляции Кендалла или Спирмена (соответственно при строгом и нестрогом ранжировании); определение взаимосвязи между двумя элементами по индивидуальным мнениям членов группы экспертов

относительно различных характеристик этих элементов; оценка согласованности мнений экспертов в группе.

В некоторых случаях экспертам удобно осуществить балльное оценивание предпочтений элементов по специальной балльной шкале, а затем — их ранжирование. Сначала элементы размещают в порядке возрастания баллов, и балльные оценки переводят в ранги с последующей обработкой и анализом. Затем проводится обработка и анализ баллов как числовых показателей с применением статистических методов оценивания с предположением, что разброс мнений экспертов обусловлен только случайными погрешностями. Обработка и анализ балльных оценок возможно лишь тогда, когда использованная балльная шкала непрерывна или имеет большое количество градаций, а также установлены правила начисления баллов.

3.4. Характеристика эвристических методов решения задач выбора при многих критериях в условиях определенности

3.4.1. Метод обобщенного показателя

Наиболее широко известными и применяемыми эвристическими одношаговыми процедурами являются метод обобщенного (агрегированного) и метод главного показателя. К эвристическим многошаговым методам относится, прежде всего, метод последовательных уступок. Итеративные процедуры могут организовываться и на основе методов обобщенного и главного показателей.

В практике, в зависимости от особенностей задачи выбора, используются несколько видов функции агрегирования.

Например, если в задаче допустима компенсация уменьшения абсолютных значений одних показателей за счет суммарного абсолютного увеличения других, то можно использовать аддитивную функцию агрегирования

$$\varphi(F^m) = \sum_{i=1}^m K_{ei} F_i \quad 7.5$$

где K_{ei} — числовой нормированный коэффициент относительной важности частного показателя F_i , $\sum_{i=1}^m K_{ei} = 1$

В формуле (7.5) все частные показатели однородны (рассчитаны по выражению (7.2), а коэффициенты $K_{\epsilon i}$ — безразмерны. Это условие будет считаться справедливым и для других видов функции агрегирования.

Задачи выбора, допускающие использование аддитивной функции свертки, очень часто встречаются в практике. К таким задачам относятся задачи выбора, в которых используются показатели суммарного дохода, прибыли, ущерба, потерь, финансовых затрат, затрат времени и т.п.

В ряде задач считается возможной не абсолютная, а относительная компенсация изменения значений одних показателей значениями других (ЛПР считает, что суммарная степень относительного снижения одних показателей эквивалентна суммарному уровню относительного увеличения остальных). Это обуславливает применение мультипликативной функции агрегирования вида

$$\varphi(F^{<m>}) = \prod_{i=1}^m F_i^{K_{\epsilon i}} \quad 7.6$$

Есть задачи, которые полностью не допускают компенсации значений одних показателей другими, т.е. частные показатели имеют одинаковую важность, т.е. $K_{\epsilon i} = 1/m$. Для таких задач, требующих «подтягивания» всех показателей к их лучшему уровню, используется агрегирующую функцию

$$\varphi(F^{<m>}) = \min \left(\frac{F_i}{K_{\epsilon i}} \right), K_{\epsilon i} \neq 0, i = \overline{1, m} \quad 7.7$$

Общим случаем функции свертки является средняя степенная функция

$$\varphi(F^{<m>}) = \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m F_i^{p_f} \right)^{\frac{1}{p_f}}, p_f \neq 0 \quad 7.8$$

где p_f — показатель, отражающий допустимую степень компенсации малых значений одних равноценных показателей большими значениями других показателей; чем он больше, тем больше степень возможной компенсации.

Если, например, компенсация недопустима и требуется выравнивание значений всех показателей ($p_f \rightarrow \infty$), то в пределе вид агрегирующей функции (7.8) совпадает с функцией (7.7). В случае необходимости обеспечить примерно равные уровни значений частных показателей, функция (7.8) трансформируется в функцию (7.6). Во всех этих случаях $K_{\epsilon i} = 1/m$.

Важны для практики следующие частные варианты средней степенной функции (9, 31]:

$$\varphi(F^{<m>}) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m F_i^2} \quad , (при \ p_f = 1) \quad 7.9$$

$$\varphi(F^{<m>}) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m F_i^2 \quad , (при \ p_f = 2) \quad 7.10$$

которые широко используются в математической статистике, теории автоматического регулирования, математическом программировании и т.д.

Если в задачах планирования «по узкому месту» считается допустимой компенсация увеличения одного из показателей сколь угодно большим уменьшением остальных показателей, (это имеет место при $p_f \rightarrow \infty$), может применяться свертка

$$\varphi(F^{<m>}) = \max\{K_{ei} F_i\} \quad 7.9$$

Свертка такого вида получается в результате предельного перехода от средней степенной функции.

При решении задач выбора по двум частным или двум группам показателей встречаются случаи, когда один показатель (группу показателей) желательно увеличивать, а второй (вторую) — уменьшать, в качестве функции агрегирования можно использовать отношение одних показателей к другим. Это чаще всего бывает для показателей (группы показателей) целевого результата и затрат на его (их) получение. Например, для скалярных показателей количества произведенной предприятием продукции G и затрат на нее C свертка имеет вид

$$\varphi(F^{<2>}) = \frac{G}{C} \quad 7.12$$

Полученный скалярный показатель выражает удельный целевой результат и может определяться для неоднородных показателей целевого результата и затрат. Использование такой функции агрегирования требует, как правило, наложения дополнительных ограничений на значения частных показателей, так как решение задачи может оказаться в области низких затрат и неприемлемого значения показателя целевого результата.

Особая процедура агрегирования применяется в методе целевого программирования. Она заключается в «сворачивании» частных показателей в скалярную величину, имеющая смысл расстояния до так называемой идеальной точки. При этом под «идеальной» точкой понимается некоторая точка в m -мерном пространстве частных показателей, которая полностью соответствует представлениям ЛПР о наиболее предпочтительной

альтернативе. В методе целевого программирования в зависимости от информации об относительной важности частных показателей могут использоваться различные агрегирующие функции.

3.4.2. Метод главного показателя

В практике встречаются задачи выбора, в которых ЛПР считает, что целевой результат достигается, в основном, за счет увеличения одного из частных показателей F_k , векторного показателя $F^{<m>}$. Этот частный показатель F_k выбирается в качестве главного показателя. Следовательно, исходная задача выбора может быть сведена к задаче оптимизации по главному скалярному показателю F_k при условии, что значения остальных частных показатели $F_i, i \neq k$ не выходят за пределы некоторой подобласти значений. Обычно такая подобласть задается ограничениями-неравенствами вида $F_i > F_i^{тр}$, а задача оптимизации принимает следующий вид:

$$a_{ог}^{*Э-n}: \max F_k,$$

$$a_{ог} \in A_{ог},$$

$$A_{ог} = \{a_{ог}/F_i \geq F_i^{мп}, i \neq k, i = \overline{1, m}\} \quad 7.13$$

где $a_{ог}^{*Э-n}$ эффективная альтернатива (согласно одной из теорем о свойствах эффективных альтернатив по выражению (7.13) могут находиться оптимальные по Э-П решения); $F_i^{мп}$ — граничное (требуемое) значение i -го частного показателя.

В заключение рассмотрения одношаговых эвристических методов необходимо отметить одну важную особенность. Она состоит в том, что иногда решение задач многокритериального выбора с помощью этих методов в прямой постановке можно выделить неэффективные альтернативы. Это положение относится к ситуации, для которой значения агрегирующей функции или главного показателя для нескольких альтернатив одинаковы. Для исключения подобных явлений модифицируют главный показатель таким образом, чтобы он был возрастающим сразу, но всем показателям и в то же время приводил к решению, близкому к наилучшему решению для применяемого метода. Например, для метода главного показателя таким модифицированным скалярным показателем может быть свертка

T

$$tpc\{F\} = F_i + e_{2,i} F_i^k, \quad (7.14)$$

$i=1$

где e — положительное число, выбираемое на несколько порядков

от

меньше предельных значений однородных частных показателей γ_i .

Примером применения способа выделения главного показателя может служить выбор способа достижения цели с учетом трех скалярных показателей: показателя целевого эффекта G , показателей затрат ресурсов C и затрат времени T . Если в качестве главного показателя выбран показатель целевого эффекта G , то постановка скалярной оптимизационной задачи имеет следующий вид [9, 31]

$$a^* = \max G,$$

(7.15)

$$L = \{x \in D \mid C(x) \leq C^*, T(x) \leq T^*\},$$

где $S_{\text{выд}}$ — объем выделенных ресурсов; $T_{\text{зад}}$ — максимально допускаемое время.

Многошаговые эвристические методы

Рассмотрим сначала метод последовательных уступок, как один из самых первых эвристических методов, а затем дадим краткую характеристику остальных.

Метод последовательных уступок предполагает использование при оптимизации одного и того же итерационного критерия. Суть метода последовательных уступок состоит в том, что все частные показатели F_i , $i = 1, m$ ранжируются по важности в порядке ее

уменьшения: 1) F_1 , ..., $m) F_m$. Первый по важности показатель

оптимизируется, и определяется максимальное его значение. Затем ЛПР назначается величина допустимого уменьшения значения первого показателя

(уступки) и находится решение, которое максимизирует значение второго по важности показателя. Аналогичная процедура повторяется для всех нижестоящих по важности показателей. Решение оптимизационной задачи для последнего по важности показателя считается решением всей задачи. Реализуется метод последовательных уступок с помощью ЭВМ в интерактивном режиме.

Специалисты считают [9, 22, 31], что такой способ получения оптимального по Э-П решения полезен тем, что видно, величиной какой уступки в значении одного показателя получен выигрыш в значении другого показателя. Более того, можно задаваться диапазоном величин уступок, оценивать интенсивность изменения выигрыша и на этой основе, с учетом важности показателей, итерационным путем выбирать рациональные величины уступок по каждому показателю.

В целом оптимизационные задачи, последовательно решаемых для всех частных показателей, по постановке соответствуют методу главного показателя. В связи с этим метод последовательных уступок обладает всеми достоинствами и недостатками метода главного показателя.

При организации итеративных процедур с использованием обобщенного показателя вначале этот показатель формируется обычно в виде линейной свертки с примерно одинаковыми значениями коэффициентов важности частных показателей. Решением оптимизационной задачи выделяется лучшая альтернатива на первом шаге. На последующих шагах ЛПР корректируются значения коэффициентов важности частных показателей. При необходимости может подбираться другой вид функции свертки. На каждом шаге выделяются лучшие альтернативы. Итеративный процесс продолжается до получения приемлемого решения.

При использовании метода главного показателя назначается серия исходных значений ограничений на частные показатели, оставшиеся после назначения главного показателя. Для каждой серии определяется лучшая альтернатива. Если среди них нет варианта, удовлетворяющего ЛПР, то на следующих шагах изменяются ограничения на некоторые частные показатели. В качестве главного показателя может назначаться другой частный показатель. Итеративный процесс также завершается после получения приемлемого для ЛПР решения.

Неплохие результаты в обосновании решений дает совместное итеративное применение методов обобщенного и главного показателей, на

заключительном этапе которого используется аксиоматические методы построения агрегирующей функции [9, 31].

В заключение обзора методов эвристической группы необходимо рассмотреть основные их достоинства и недостатки.

Сильными сторонами эвристических методов являются [9, 31]:

S относительная простота использования, так как в них для решения задач выбора может применяться хорошо проработанный арсенал методов математического программирования;

S не требуется высокая, прежде всего специальная, подготовка ЛПР;

S сравнительно небольшое время участие ЛПР, что ценно при высокой занятости ЛПР;

S высокая оперативность получения решений, причем, как правило, единственных.

К основным недостаткам эвристических методов относятся [9, 31]:

■ **S** сложность установления вида и параметров функции агрегирования для широкого спектра разнообразных задач выбора и возможный произвол в назначении уровней ограничений на значения неглавных частных показателей;

■ **S** сразу требуется вся и к тому же надежная информации о предпочтениях ЛПР и, как правило, в числовой форме (например, числовые значения коэффициентов важности частных показателей ***KBi*** для метода обобщенного показателя);

S для ЛПР нет наглядности процесса выделения лучших альтернатив, малая степень его участия в этом процессе и убежденность в правильности выделенного варианта решения.

7.1. Аксиоматические одношаговые процедуры выделения лучших альтернатив по информации о важности частных показателей

В настоящее время разработаны процедуры выделения множества лучших альтернатив D^*_p с использованием информации о важности частных показателей.

В общем случае модель предпочтений ЛПР на множестве показателей недоминируемых альтернатив задается на основе отношений строгого предпочтения, нестрогого предпочтения и безразличия [4, 33]. Также предполагается, что все отношения транзитивны. Для уменьшения мощности множества эффективных альтернатив могут применяться, например, такие приемы, как построение транзитивных цепочек, введение специальных опорных множеств векторных оценок, построенных на исходных сравниваемых векторах, использование порядковых коэффициентов важности и др. [4, 33]. При этом мощность множества выделенных лучших альтернатив A^{***} может быть получено не больше множества эффективных альтернатив, т.е. $D^* \subset A^{***} \subset D^*$.

Важное практическое значение имеют особые случаи информации о важности частных показателей. Наиболее характерными из них являются следующие случаи [9, 31]:

■ S информация об одинаковой важности частных показателей;

S сведения об абсолютном превосходстве по важности одних показателей над другими;

S информация о запрете компенсации уменьшения меньших значений всех равноценных показателей за счет сколь угодно значительного увеличения больших;

S сообщения о равноценности или превосходстве по важности одних групп частных показателей над другими.

Процедуры, основанные на информации о равной важности частных показателей, позволяют выделить множество лучших альтернатив L_0^{vPI} , которое может быть получено приблизительно вдвое меньше множества $L_{,,v}$.

Задачи нахождения решений по информации об абсолютном превосходстве одних частных показателей над другими и о запрете компенсации называются соответственно лексикографическими и симметрически лексикографическими задачами [9, 31]. Использование методов лексикографической оптимизации обеспечивает выделение множества лучших альтернатив L_i^{*g} , значительно меньшего множества D^*_v

" вплоть до нахождения одной лучшей альтернативы а'в. Методы лексикографической оптимизации привлекательны для исследователей из-за их высокой «разрешающей способности» и относительной простоты. Однако лексикографическим постановкам задач свойственна особенность, которая ограничивает область их применения. Она заключается в том, что не всегда даже малая уступка по лексикографически более предпочтительному частному показателю может компенсироваться сколь угодно значительным увеличением значений остальных показателей [9, 31]. Это должны учитывать пользователи при решении конкретных задач выбора.

При использовании информации об относительной важности групп показателей аксиоматические процедуры позволяют выделить множество лучших альтернатив, мощность которого превышает мощность множества эффективных альтернатив. Это обусловлено сложностью используемых при анализе правил, которые чаще нарушаются [9, 31].

7.2. Характеристика аксиоматических многошаговых методов — человеко-машинных процедур

Появление ЭВМ с богатым программным обеспечением и широкое внедрение информационных технологий привело к тому, что методы многокритериального выбора решений в условиях определенности все чаще реализуются как человеко-машинные, интерактивные процедуры (ЧМП) [25, 31, 48]. Эти процедуры предназначены для работы ЛПР, как правило, на множестве n эффективных альтернатив с целью выделения из них лучшего, по его мнению, варианта решения.

Для ЧМП характерно, прежде всего, то, что априори специалистами-аналитиками с использованием аксиоматических методов (например, методов совместного шкалирования, половинного деления) при участии ЛПР определяется субъективная функция полезности (предпочтительности альтернатив). Обычно ЛПР стремятся работать с аддитивной функцией полезности [25, 31, 47]

$$w_n(F^{<m>}) = \sum_{i=1}^m w_i(F_i), \quad (7.16)$$

где $\Psi(P/)$ — частная функция полезности по i -му частному показателю векторного показателя $F^{<m>}$.

Условиями аддитивного представления функции полезности является непрерывность шкал частных показателей и независимость этих показателей

по предпочтению. Функция полезности может строиться и в нормализованной форме, когда ее значения изменяются в пределах от 0 до 1. К допущениям, на которых основывается построение функции полезности, относятся такие требования к отношению предпочтения как связность, транзитивность, асимметричность и плавность изменения (оно не должно изменяться скачком).

Задача ЛПР состоит в том, чтобы в интерактивном режиме общения с ЭВМ на основе личной информации об относительной важности критериев из числа эффективных вариантов решения выделить лучшую альтернативу, которой соответствует максимальное значение функции полезности. При этом значения частных показателей E , по наборам переменных и значения функции полезности $W_{j,m}(F_{j,m})$ определяются ЭВМ. Для определения значений частных показателей в большинстве существующих ЧМП используется линейное программирование.

Работа ЛПР по нахождению лучшего решения нельзя назвать простой. Это обуславливается тем, что ему, при наличии большого множества переменных, трудно установить, насколько хорошие значения частных показателей достижимы одновременно. Кроме того, ему необходимо выработать как можно лучший компромисс между значениями частных показателей. Все это требует соответствующего опыта, достигается путем проб, ошибок и затрат времени.

Процедура общения ЛПР и компьютера в ЧМП состоит из последовательности шагов, каждый из которых включает фазу анализа и фазу расчетов, выполняемых соответственно ЛПР и компьютером. На фазе расчетов проводятся расчеты, используя полученную от ЛПР на предыдущем шаге информацию, и выделяются соответствующие этой информации решения и вспомогательные данные для ЛПР. На фазе анализа ЛПР оценивает предъявленное решение (их совокупность). Если имеется приемлемое решение, то ЧМП завершается. В противном случае ЛПР анализирует вспомогательную информацию и вырабатывает дополнительную информацию, с учетом которой компьютер вычисляет новое решение.

Следовательно, процесс поиска лучшего решения в ЧМП осуществляется по итеративному решающему правилу оптимизации, реализующему принцип «вложенных отношений». Он состоит в том, что на первом шаге для сужения множества эффективных альтернатив ЛПР использует самое несложное правило оптимизации на основе простого отношения предпочтений. На последующих шагах решающее правило

оптимизации формируется для все более усложняющихся отношений предпочтения, которые не изменяют предыдущих отношений и обеспечивают последовательное сужение множества альтернатив, т.е. [9, 25, 31]

$$Kp_{nOY} - \wedge^{pnl} Q \text{ Я } Kp_{nCZ} \dots C Kp_{njv}, \quad (7.17)$$

$$KГ2 \text{ 4,,',t 2 } \dots aK^*,2 \dots a \text{ Л0'в,,} \quad (7.18)$$

где /Ср,,о и Кр1!/ — решающие правила оптимизации, сформированные на основе соответственно начального и j -го отношения предпочтения ЛПР; $Aobj$ — множество лучших альтернатив, выделенных после использования j -го решающего правила оптимизации Kp_{ij} ,

Завершается этот итеративный процесс в трех случаях [9]:

'А множество $A'_{\partial M}$ содержит только эквивалентные альтернативы;

S множество A'_{ovN} содержит одну альтернативу;

'А дальнейшее усложнение решающего правила оптимизации по сравнению с N -м решающим правилом оптимизации $Kp_{,,y}$ исключено из-за невозможности получения более сложной информации о предпочтениях ЛПР.

В настоящее время имеется сравнительно много ЧМП. Они отличаются друг от друга содержанием и способами выполнения рассмотренных двух фаз. При классификации ЧМП по признаку характера информации, получаемой от ЛПР на фазе анализа, выделяются три группы этих процедур [25].

В первую группу процедур входят прямые ЧМП, в которых ЛПР непосредственно назначает начальные веса критериев и корректирует эти веса на последующих шагах. Количество прямых ЧМП разработано немного, так как они неудобны для ЛПР при числе частных критериев, большем трех.

Вторую группу процедур составляют ЧМП, в которых основной функцией ЛПР является сравнение многокритериальных решений. Эта группа называется ЧМП оценки векторов.

Третья группа ЧМП предусматривает наложение ЛПР ограничений на значения критериев, т.е. на область их допустимых значений. Эта группа относится к ЧМП поиска удовлетворительных решений.

Общим для ЧМП всех трех групп является [25]:

'A использование нормированных значений частных показателей, рассчитываемых по формуле (7.2);

S вычисление максимальных абсолютных значений частных показателей, которые при решении задачи выбора недостижимы одновременно, но позволяют ЛПР представлять пределы возможного.

ЧМП первой группы реализована, например, в процедуре SIGMOR (последовательный генератор информации для многоцелевых задач), второй группы — в процедурах «Дайера-Джиоффри-она» и Зайонца-Валлениуса, третьей группы — в процедуре STEM (одна из первых ЧМП) [25].

Характеристика аксиоматических методов решения задач выбора с объективными моделями, изложенная в предыдущих разделах, позволяет отметить положительные стороны и недостатки этих методов.

Так, к положительным сторонам аксиоматических методов принято относить [9, 25, 31]:

■**S** возможность аксиоматического учета системы предпочтений ЛПР (без жестких требований представления всех ее характеристик сразу и в числовом виде) и формирования на этой основе обоснованного и ясного решающего правила оптимизации;

S личное участие ЛПР в решении задачи; более того. ЛПР является главным участником процесса выбора лучших альтернатив;

S наглядность процесса выбора, убедительность для ЛПР в обоснованности принимаемого решения;

S удобство многошаговых процедур, позволяющих реализовать методологию «вложенных отношений» и обеспечивающих для ЛПР интерактивный процесс общения с ЭВМ, в том числе остановку поиска, проведение дополнительного анализа и осуществление эвристического выбора из оставшихся альтернатив.

Вместе с тем, методам аксиоматической группы свойственны и недостатки. К основным недостаткам можно отнести [9, 25, 31]:

■**S** необходимость высокой профессиональной подготовленности ЛПР и специальной подготовки его и аналитиков;

■ *S* низкая оперативность решения задачи выбора;

S необходимость наличия ЭВМ и, как правило, сложного программного обеспечения;

S недостаточная обширность аксиоматического аппарата.

Следовательно, единого универсального метода обоснования решений при векторных критериях и объективных моделях не существует. Каждому методу присущи сильные и слабые стороны. Поэтому ЛПР и помогающие ему исследователи-аналитики должны знать особенности существующих методов и выбрать подходящий метод по комплексу признаков. Этот комплекс составляют следующие признаки: простота реализации, удобство в применении, понятность (доступность) ЛПР, убедительность (наглядность), оперативность, степень достоверности решений, наличие программного обеспечения и др. Конечно, при прочих равных условиях несомненное превосходство имеют ЧМП. Если среди существующих методов нет подходящего метода, то сформированные требования служат основанием для разработки необходимой новой процедуры.

Выше отмечалось, что в рассмотренных задачах векторного выбора присутствует объективное пространство альтернатив и частных показателей и субъективное пространство важности частных показателей. Несмотря на наличие субъективного пространства важности частных показателей, данный тип задач отнесен к задачам в условиях определенности или задачам с объективными моделями. Это обусловлено тем, что применяются специальные процедуры, позволяющие получить от ЛПР информацию о важности показателей или о функции полезности со значительной степенью объективности.

При решении векторных задач выбора с объективными моделями значительно возросла роль ЛПР (особенно при использовании аксиоматических методов) по сравнению с предыдущими типами задач. Однако ЛПР в своей работе опирается на солидную объективную базу (например, количественные частные показатели, математическое программирование, аксиоматический аппарат), что позволяет ему принимать решения, как правило, значительно лучшие эффективных вариантов.

Все выглядит иначе при обосновании решений по очень сложным неструктурированным проблемам, с которыми очень часто приходится иметь дело, например, в социально-гуманитарной и военной сферах человеческой деятельности. На решение таких проблем оказывают влияние многие

сложные слабо выраженные факторы, в том числе одновременно с различными видами неопределенностей. В таких условиях провести структуризацию проблемы не представляется возможным, и для обоснования решений применяются специальные методы. Характеристика этих методов будет дана в следующей главе

4. Задачи принятия решений при многих критериях в условиях неопределенности

4.1. Особенности задач принятия решений при многих критериях в условиях неопределенности

Задачи принятия решений в условиях неопределенности являются, как было показано в пятой главе, задачами с субъективно-объективированными или субъективными моделями. В зависимости от вида и сложности критерия их можно разделить, как уже отмечалось во второй и пятой главах, на задачи с неиерархическим критерием и задачи с иерархическим критерием, состоящим из нескольких уровней компонент. В общем случае, все компоненты задачи обоснования решения в условиях неопределенности могут быть описаны вербально и характеризоваться только качественно. Формально по постановке и решению задачи выбора с субъективно-объективированными и субъективными моделями практически идентичны, так как отличаются друг от друга только возможной степенью проявления в системе предпочтений ЛПР чисто субъективных факторов.

Вместе с тем, в задачах как с неиерархическим, так и с иерархическим критериями некоторые компоненты критериев могут оцениваться количественными показателями. Достаточно иметь только один компонент общего критерия, который оценивается качественно, чтобы задача обоснования решения считалась неопределенной.

Главная роль в выборе решений в условиях неопределенности принадлежит ЛПР и помогающим ему экспертам и исследователям-аналитикам. Аналитики (специалисты по методам неформальной теории принятия решений) призваны разработать на основе предпочтений ЛПР

решающее правило и применить его для сравнения альтернатив и выделения лучших из них. В настоящее время существуют различные подходы и методы принятия решений при многих критериях в условиях неопределенности. Основные из них будут кратко охарактеризованы ниже.

4.2. Основные подходы и методы выбора решений при многих критериях в условиях неопределенности

Задачи выбора в условиях неопределенности принято делить на две группы [24, 25]. К первой группе относятся задачи, в которых задано N альтернатив (обычно допустимых) и M критериев для оценки этих альтернатив. Необходимо построить решающие правила на основе предпочтений ЛПР, которые позволят [24, 25]:

- а) выделить лучшую альтернативу (решить задачу выбора из допустимых альтернатив);
- б) упорядочить альтернативы по качеству (провести ранжирование альтернатив);
- в) отнести альтернативу к упорядоченным по качеству классам решений (осуществить сортировку альтернатив).

В задачах второй группы дано M критериев, предназначенных для оценки любых возможных альтернатив, которые заданы либо частично, либо определяются после формирования решающего правила. Требуется построить решающие правила на основе предпочтений ЛПР, позволяющие [24, 25]:

- а) упорядочить по качеству все возможные альтернативы;
- б) отнести все возможные альтернативы к одному из нескольких, заданных ЛПР, классов решений.

Считается, что две эти группы задач близки друг к другу при рассмотрении в рамках первой задачи большого числа разнообразных альтернатив [24, 25]. Если число альтернатив мало, то методы решения групп задач (по своим оценкам) разнятся.

Наиболее известны три подхода к решению задач выбора по многим критериям в условиях неопределенности [24, 25]:

- **S** многокритериальная теория полезности (MAUT);

- S** аналитической иерархии (АНР);

- S** подход, направленный на разработку индексов попарного сравнения альтернатив (РИПСА).

Кроме того, используются упрощенные эвристические методы и методы вербального анализа решений [25].

Ниже будет дана краткая характеристика этих подходов и методов.

Научное направление MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*) отличаются следующие особенности [25]:

- S** аналитиками строится функция полезности, имеющая аксиоматическое обоснование;

- S** некоторые условия, определяющие форму этой функции, проверяются в диалоге с ЛПР;

- S** решаются, как правило, задачи второй группы, а полученные результаты используются для оценки заданных альтернатив.

Подход MAUT предусматривает следующие основные этапы [25]:

- S** разработку перечня критериев;

- S** построение функции полезности по каждому из критериев;

- S** проверку некоторых условий, определяющих вид функции полезности;

- S** построение зависимости между оценками альтернатив по частным критериям и общим качеством альтернатив (многокритериальной функции полезности);

- S** оценку всех имеющихся альтернатив и выбор лучшей из них.

К достоинствам подхода MAUT относится то, что в ее рамках разработана стройная математическая теория, позволяющая построить общую функцию полезности с учетом предпочтений ЛПР. Кроме того, полученные результаты позволяют оценить любые, в том числе и вновь появившиеся, альтернативы, так как функция полезности строится независимо от количества альтернатив.

Основных недостатка у подхода МАУТ три [25]. Во-первых, предполагается, хотя и неявно, что человек может осуществлять точные числовые измерения, в то время как нет надежного способа измерения значений весовых коэффициентов частных критериев. Во-вторых, от ЛПР требуется предварительное назначение всех основных параметров, не предоставляя ему возможности исследовать проблему привычным для человека методом «проб и ошибок» и на этой основе уточнить характеристики его предпочтений. В-третьих, сложность и трудоемкость при практическом использовании. Ведь все этапы подхода МАУТ необходимо выполнять для каждой из неструктуризованных проблем, являющихся уникальными, а функции полезности строятся в процессе многочасовых диалогов аналитиков с ЛПР.

В опубликованных трудах [25] отмечается, что для решения задач первой группы может использоваться подход аналитической иерархии. Считается, что его целесообразно применять для задач первой группы, когда альтернатив немного. При этом основной задачей является задача выделения лучшей альтернативы, в которой определена цель, критерии для оценки альтернатив и допустимые альтернативы.

Основной метод АНР разработан Т. Саати [10]. Специалисты отмечают, что этот метод возник как эвристический метод, который основывается на знаниях, опыте и здравом смысле групп экспертов [25]. Вместе с тем, авторы метода отмечают, «что метод анализа иерархий основан на следующих аксиомах: парных сравнений и обратносимметричных отношений, гомогенной кластеризации иерархических уровней, иерархической композиции путем взвешивания и сложения и, наконец, на аксиоме ожиданий, которая отражает соответствие заложенных в иерархию элементов ожидаемым результатам. Из этих аксиом получено несколько теорем, которые превращают МАИ в математически обоснованный подход для получения шкал отношений при решении сложных проблем» [10, с. 53-54].

К достоинствам метода в работах относят его меньшую сложность и трудоемкость по сравнению с подходом МАУТ при небольшом количестве альтернатив, направленность на сравнение альтернатив и ослабленность оценок альтернатив по критериям [24]. В качестве недостатков подхода АНР отмечают [24]: введение новых альтернатив приводит к изменению величин предпочтений ранее рассматриваемых альтернатив; недостаточно обоснованный переход к числам при проведении измерений; оторванность способа объединения альтернатив от предпочтений ЛПР. Дальнейшее

развитие АНР нашло воплощение в мультипликативной аналитической иерархии [25]. Подробнее методы подхода АНР будут охарактеризованы в следующей главе.

В рамках подхода РИПСА имеется много методов. Наиболее известно семейство методов ELECTRE. Эти методы основаны на определении для каждой пары сравниваемых по всем критериям альтернатив индекса согласия или несогласия с гипотезой, что одна из них превосходит другую по качеству. Они задумывались как чисто эвристические процедуры, но в последующем были обогащены и определенной аксиоматикой.

В подходе РИПСА выделяют два основных этапа: этап разработки; этап исследования [25].

На этапе разработки формируется решающее правило в виде одного или нескольких индексов попарного сравнения альтернатив. Индексы в большинстве методов строятся на основе принципов согласия (конкорданса) и несогласия (дискорданса) с превосходством одной альтернативы над другой.

На этапе исследования сформированные индексы используются для ранжирования заданных альтернатив.

К основным достоинствам методов ELECTRE относят [25]:

S поэтапное выявление предпочтений ЛПР позволяет ему на основе детального анализа сформировать свои предпочтения, определить компромиссы между критериями. В подходах МАUT и АНР неявно предполагается, что основные предпочтения уже сформированы до применения методов и они могут получены от ЛПР однократно при сравнительных оценках, назначении весов и т.п.;

S на веса критериев может влиять мнение группы экспертов, а не только мнение ЛПР;

S индексы в методах ELECTRE-3, -4 и в некоторых других родственных методах позволяют учесть неточности в данных и измерениях, производимых экспертами.

Основными недостатками подхода РИПСА являются [25]:

^ не гарантируется выполнение двух важных методологических требований к сравнениям — их полноты и транзитивности;

S невысокая оперативность из-за итеративного процесса работы.

Все рассмотренные подходы к решению задач выбора в условиях неопределенности реализованы в виде компьютерных СППР [25]. Подход МАУТ использован в системах *Logical Decisions* и DECAID. Подход АНР реализован в системах *Expert Choice* (основной метод) и REMBRANDT (мультипликативный метод). Разработаны несколько компьютерных систем, реализующих методы из семейства ELECTRE.

Методы, разработанные на основе подходов МАУТ, АНР и РИПСА, относительно сложны и трудоемки, особенно семейства подхода МАУТ. В этой связи появились более простые эвристические методы, которые позволяют получить приемлемые решения для ряда проблемных ситуаций. Они не имеют строгого аксиоматического обоснования и включают сравнительно простые процедуры получения и анализа информации и ее агрегирования в общие оценки альтернатив. К наиболее известным эвристическим методам относится метод SMART, разработанный В. Эдвардсом. Он включает семь этапов [25]:

ранжирование критериев по важности;

присвоение наиболее важному критерию оценки **100** баллов. Определение на основе попарного сравнения балльной оценки каждого критерия;

сложение баллов всех критериев. Нормирование весов критериев делением их балльных оценок на сумму баллов всех критериев;

определение числовых значений критериальных показателей альтернатив по шкале **0-100** баллов;

вычисление общей оценки каждой альтернативы по формуле взвешенной суммы (с учетом нормированных весов критериев);

выбор лучшей альтернативы, имеющей наибольшую общую оценку;

проверку чувствительности результата к изменению весов критериев, что позволяет учесть влияние неточности при измерениях и возможную зависимость между критериями.

Использованный здесь способ определения весов критериев называется методом отношений.

Недостатком метода SMART является то, что он не учитывает возможную зависимость измерений и неаддитивность при определении общей оценки альтернатив [25].

Для ЛПР и системных аналитиков всегда был актуальным вопрос о доброкачественности решений, выбираемых с использованием различных СППР и методов. Это обуславливается, как уже не раз отмечалось выше, тем, что решения по сложным неструктуризованным проблемам проверяются только при их практической реализации. Априорные средства для проверки отсутствуют. Естественно, реализация неудачных решений связана с временными и материальными издержками. Поэтому ищались способы проверки СППР и методов на адекватность, хотя бы косвенные. Одним из таких способов является сравнение результатов обоснования решения по одной и той же проблеме различными СППР.

Так, был проведен эксперимент по сравнительной оценке СППР DECAID и *Logical Decision*, которые основывались на подходе MAUT, т.е. были родственными системами [25]. В эксперименте участвовала группа студентов американского университета «*Texas A und M*». Они решали сравнительно несложную проблему выбора из пяти альтернативных мест работы по четырем критериям: зарплата, местоположение, должность, возможности служебного роста. Эксперимент показал весьма примечательный эффект — связь результатов двух СППР не была статистически значима [25], т.е. использование родственных СППР одними и тем же ЛПР при решении одной и той же проблемы часто дают различные результаты.

Анализ показал, что основной причиной данного эффекта являются человеческие ошибки при переводе качественных характеристик переменных (критериев, альтернатив) в числовые величины. Ведь человеческому мышлению свойственны нечеткие, расплывчатые оценки и суждения. В то же время нет надежного, хорошо обоснованного способа перевода качественных переменных в числа. А ведь все методы остальных подходов — АНР, ELECTRE, упрощенного эвристического — тоже предусматривают использование числовых оценок переменных. Подход размытых множеств также основан на построении экспертами числовых функций принадлежности, причем, очень сложен. Отсюда следует вывод о том, что эффект, установленный в ходе эксперимента с двумя СППР подхода MAUT, присущ СППР и методам всех указанных подходов.

В связи с этим были разработаны методы вербального (словесного) анализа решений. Они предназначены для обоснования решений по

неструктуризованным проблемам, имеющих качественное, словесное описание [25]. Качественное описание проблемы сохраняется на всех этапах ее анализа, при разработке таких методов учитываются когнитивные и психологические аспекты поведения ЛПР. Основное внимание при этом уделяется способам измерения качественных переменных с использованием качественных порядковых шкал, так как человек не может осуществлять точных измерений, построению решающего правила и проверке непротиворечивости информации и суждений ЛПР.

Сильными сторонами методов вербального анализа решений являются [25]:

- качественный подход и измерения позволяют получить описание проблемных ситуаций, близкое к реальному;

- формирование решающих правил основывается на тех операциях, которые ЛПР достаточно надежно выполняет. Результаты психологических исследований показали, что к таким операциям относятся: сравнение двух оценок на вербальных шкалах двух критериев; отнесение многокритериальных альтернатив к классам решений; сравнительная словесная оценка качества альтернатив по отдельным критериям;

- при построении решающего правила учтена естественная способность ЛПР обучаться, в том числе методом проб и ошибок. Этим обеспечивается формирование предпочтений ЛПР не одномоментно, а поэтапно;

- человеку свойственно ошибаться (1-2 грубые ошибки в простых задачах на 50 ответов). В связи с этим в методах вербального анализа решений для проверки непротиворечивости информации ЛПР используются специальные (замкнутые) процедуры на ЭВМ. Они основаны на повторении одних и тех же вопросов и последующем анализе логичности мышления ЛПР;

- возможность получения ЛПР объяснений от аналитиков в процессе анализа проблемной ситуации (почему это так, учтены ли его предпочтения и т.д.);

- меньшая чувствительность к человеческим ошибкам по сравнению с методами других подходов

Наиболее известными методами вербального анализа решений являются методы ЗАПРОС, ОРКЛАСС, ПАРК [25]. Сравнение результатов решения проблемы места работы с использованием СППР ЗАПРОС и двух систем

подхода МАУТ в описанном выше эксперименте было в пользу СППР ЗАПРОС [25].

Из вышеизложенного следует вывод, что для анализа задач принятия решений при многих критериях в условиях неопределенности могут использоваться различные подходы и методы. Всем им присущи как достоинства, так и недостатки. Каждый из них имеет свои, зачастую перекрывающиеся области применения и типаж анализируемых проблем. Для анализа проблем специалисты-аналитики и ЛПР выбирают конкретные СППР и методы, исходя из типа решаемой проблемы, наличия или доступности СППР и методов, своей личной подготовленности и др.

Особое внимание хотелось бы обратить на методы подхода АНР — методы аналитической иерархии. Дело в том, что методы этого подхода наиболее широко применяются при проведении системно-аналитических процедур по сравнению с методами всех других рассмотренных выше подходов. Можно констатировать тот факт, что методы подхода АНР занимают исключительно важное место среди методических средств обоснования решений по неструктурированным проблемам. По этим методам проводятся международные семинары, а также исследования с целью аксиоматического их обоснования, выявления сильных и уязвимых сторон. Учитывая это обстоятельство, методы подхода аналитической иерархии, области и примеры их применения будут кратко охарактеризованы в следующей главе. Там же будут приведены аргументы, объясняющие причины популярности этих методов среди системных аналитиков

5. Отклонение от рациональности при принятии решений людьми. Особенности практического применения системного анализа

5.1. Принятие индивидуальных решений

В п.2.2 были выделены индивидуальные и коллективные проблемы. Для проблем первого типа последствия принимаемых и реализуемых решений касаются отдельных индивидов или мелких групп людей, жестко объединенных общими интересами. Последствия принимаемых и реализуемых решений по коллективным проблемам влияют на судьбы и интересы многих людей: ЛПР возглавляют организации различных уровней. В гл. 6-9 излагались методологические положения по принятию решений, которые основывались на предположении, пусть и не четко обозначенном, о рациональном поведении ЛПР. Это означало, что ЛПР обладают

определенным уровнем знаний и умений по теории и методологии выбора решений, руководствуются ими в своей работе. Самое главное, что на выбор из альтернатив не влияют или влияют незначительно психологические факторы и ограниченные возможности ЛПР по переработке информации. Вместе с тем, исследования и опыт специалистов по системному анализу и теории принятия решений показали, что эти факторы и ограничения присутствуют и необходим их учет. Здесь же мы кратко рассмотрим особенности принятия ЛПР индивидуальных решений, а в следующем пункте — решений в организациях.

Особенности принятия индивидуальных решений будут изложены применительно к наиболее значимой для людей сфере деятельности — экономике. В ней главными ЛПР являются производители товаров и услуг и их покупатели.

Экономическая теория исходит из допущения, что человек всегда делает рациональный выбор [25]. Это означает, что его выбор является результатом упорядоченного, правильного мышления. Упорядоченным признается такое мышление, которое основывается на аксиомах рационального поведения. Таких аксиом разработано шесть [25]. В данной работе они рассматриваться не будут для сокращения изложения. При необходимости их изучения читатели могут обратиться к указанному или другим источникам. Если эти аксиомы выполняются, то доказано, что существует единственная числовая функция полезности, определяющая человеческий выбор. Под полезностью понимается некоторая величина, которую при выборе стремится максимизировать человек, обладающий рациональным экономическим мышлением [25]. Другими словами, полезность представляет собой воображаемую меру потребительских и психологических ценностей товаров, услуг и других благ [25]. Изучение поведения людей в задачах принятия решений, в которых использовались «деревья» целей (решений) и максимизировалась субъективная функция полезности, показало, что люди отклоняются от рационального поведения. Таким образом, был установлен парадокс Алле, основными причинами которого являются [25]:

S недостаточная информированность ЛПР о проблемной ситуации;

■ **S** незначительный опыт ЛПР в решении задач выбора (в процессе анализа проблемной ситуации происходят обучение ЛПР и обусловленные этим изменения в его системе предпочтений);

S стремление ЛПР оптимизировать свое решение сразу по всем критериям, упорядочив их по важности, но из-за сложности задачи оно это сделать не может;

S наличие дефицита времени: задача сложна и требует для анализа много времени, а деятельность ЛПР всегда ограничена временными рамками.

Для преодоления недостатков теории полезности была разработана теория проспектов. Она учитывала три поведенческих эффекта ЛПР при выборе из альтернатив [25]:

S эффект определенности (ЛПР всегда отдает большие предпочтения детерминированным, а не недостаточно определенным или неопределенным исходам);

v' эффект отражения (имеется тенденция изменения предпочтений ЛПР при переходе от выигрышей к потерям);

■**S** эффект изоляции (тенденция к исключению общих компонентов из альтернатив с целью упрощения выбора).

Теория проспектов также не лишена недостатков, хотя и позволяет избежать парадокса Алле. Вместе с тем, специалисты считают, что она является интересной аксиоматической теорией, которая стремится объединить качественные (описательные) знания о психологических аспектах поведения людей и нормы их рационального поведения [25].

5.2. Принятие решений в организациях

Отклонения от рационального поведения характерно не только для отдельных людей, но и для организаций, их ЛПР и органов управления. В связи с этим Г. Саймон предложил теорию «ограниченной рациональности», объясняющую это явление и его причины. Так, он указал четыре основные причины [25]: упрощение проблем; удовлетворительные решения; стремление избежать неопределенности и связанного с ней риска; репертуар привычных решений. Кратко охарактеризуем каждую из них.

В п. 2.2 указаны рекомендованные Р. Акоффом четыре способа обращения со сложными проблемами в зависимости от их решаемости. Они характеризуют один из важных аспектов рационального поведения

организаций и предусматривают: смягчение последствий нерешаемой проблемы; декомпозицию проблемы на частные проблемы и решение наиболее значимых из них; решение проблемы полностью, если это возможно; устранение трудно решаемой проблемы переделкой проблемосодержащей системы или среды. В целом способы обращения с проблемами направлены на их решение, устранение или, как минимум, смягчение негативных последствий. Причем ЛПР и органами управления проблемосодержащей системы.

В большинстве организаций проблема упрощается декомпозицией на частные проблемы, что соответствует второму способу обращения с проблемами. Однако ЛПР и органы управления организации часто рассылают циркуляры ЛПР и органам управления подсистем своей организации с задачей выработать предложения по решению частных проблем. Интересы и цели различных подсистем организации нередко не только не совпадают, но и противоречат друг другу. Соответственно не совпадающие или противоречивы и предложения подсистем о путях и способах решения частных проблем. Поэтому ЛПР организации должен понимать, что сложные проблемы организации и выбор способов обращения с ними, обоснование соответствующих решений являются его прерогативой. У ЛПР подсистем нет интегрального видения сложной проблемы организации, они также не обладают всей информацией, которая имеется у ЛПР организации.

Обоснование рациональных решений по сложным слабо-структурированным и пеструктурированным проблемам возможно только при использовании системного анализа и теории принятия решений при многих критериях. А это требует осознание необходимости привлечения системных аналитиков, экспертов и других специалистов, немалых затрат финансовых средств, затрат времени и других ресурсов. Поэтому ЛПР организации часто останавливается на выборе какой-нибудь несложной приемлемой альтернативы. Причем такой альтернативы, которая понятна как ему, так и сотрудникам организации, не требует длительного уяснения и согласования. Она, как правило, обеспечивает небольшую пошаговую корректировку курса действий и политики организации. Специалисты по системному анализу такой методологический подход к планированию и управлению называют инкрементальным (от англ, *inkrement* — увеличение) [10].

К положительным сторонам инкрементального подхода относятся незначительные затраты сил и средств на обоснование решений и планирование, опора на экспертное знание и здравый смысл, на соглашения и компромиссы, осторожность и внешнюю реалистичность курса действий.

Основным недостатком этого подхода является игнорирование современной системной методологии принятия решений и планирования, не видение перспективы и стратегических целей, неспособность радикально решать сложные проблемы. Инкрементальный подход к принятию решений и планированию определяет политику организации типа «штопание дыр» и «бить по хвостам».

В этой связи заслуживает внимания опыт развитых стран, в которых популярны услуги консультативных фирм. Несмотря на то, что у них давно налажена подготовка в вузах специалистов по управлению и менеджменту. В консультативных фирмах работают 10-20 специалистов, имеющих очень высокую подготовку и являющихся консультантами по обоснованию решений по сложным проблемам [25]. Они называются аналитиками, системными аналитиками, специалистами по планированию и др. [10, 25]. Появление консультативных фирм обусловлено сложностью процессов принятия решений и планирования и оправданностью затрат на использование современных методологических средств на их обоснование. К сильным сторонам консультантов по обоснованию решений относятся [25]:

С в процессе своей деятельности они участвуют в анализе большого числа разнообразных сложных проблем. Поэтому у них накапливается соответствующий опыт, вырабатываются и непрерывно совершенствуются профессиональные навыки. Кроме того, консультанты имеют возможность учиться при личном общении с лучшими руководителями;

С консультанты имеют высокую методологическую подготовку в анализе сложных проблемных ситуаций и обоснования решений, которая постоянно обогащается.

Обоснование решений по сложным проблемам связано с необходимостью прогнозирования будущего организации на основе вскрытия закономерностей ее функционирования и развития, а также закономерностей среды, а это, как уже не раз отмечалось, довольно непросто. Возможны ошибочные прогнозы и связанный с ними риск принятия неверных решений на долгосрочную перспективу. Поэтому ЛПР часто стремятся избегать решений, для обоснования которых необходимы оценки неопределенных

будущих ситуаций. Они привержены альтернативам, последствия которых более-менее очевидны и проявятся в самом ближайшем будущем. Положительной стороной подобного подхода является гарантия определенности при обосновании решений на небольшой промежуток времени с минимизацией риска. Основной недостаток — игнорирование долгосрочной стратегии, связанной с более высоким уровнем риска.

Для ЛПР и организаций характерна выработка стереотипных подходов к ответам на возникающие проблемы. В этом заключается суть репертуара привычных решений. Его причинами являются консерватизм, присущий сотрудникам организаций «эффект привыкания» к привычным, традиционным процедурам принятия решений [25]. В рамках репертуара особо выделяют такой специфический тип поведения ЛПР, как эскалация решений [25]. Он состоит в том, что ЛПР получает отрицательный результат из-за ошибочного решения, но курс действий организации не меняет. Основными причинами подобного поведения ЛПР являются [25]:

Желание «спасти лицо» — руководитель опасается за свой авторитет в случае признания своей ошибки;

Инерция организаций, для которых характерно запаздывание реакции на последствия принимаемых решений; причем с повышением ранга организаций инерция возрастает;

Иллюзия наличия контроля за ситуацией: у ЛПР высокого уровня формируется ложное мнение, что оно контролирует ход событий. Руководитель верит в свою непогрешимость, у него притупляется способность критически оценивать ситуацию, отсутствует стремление изучить и отреагировать на реальную обстановку. ЛПР в какой-то мере превращается в азартного игрока, упорно продолжающего эскалацию ошибочных решений.

Из рассмотренных причин отклонения от рационального поведения при принятии решений в организациях следует важный вывод.

Он заключается в том, что стремление ЛПР к уменьшению неопределенности и риска обуславливается еще и весьма примечательной особенностью организаций. Она заключается в том, что организации неплохо приспособлены к восприятию и реализации краткосрочных, тактических решений. Обычно тактические решения направлены на постепенное приспособление организаций к изменяющимся условиям, на удовлетворение текущих потребностей [25]. Вместе с тем, крупные организации (как

государственные, так и частные) часто не уделяют должного внимания определению долгосрочных целей и обоснованию стратегических решений — планированию. Однако разработка стратегии для таких организаций — жизненно важна. В противном случае неизбежен конфликт с объективными закономерностями, что чревато серьезными негативными последствиями, вплоть до катастрофических.

5.3. Особенности практического применения системного анализа

Системный анализ является общенаучной прикладной отраслью знаний, которая предназначена для обоснования решений по слабо структурированным и неструктурированным проблемам из самых различных сфер и областей деятельности человека и общества. При этом следует отметить, что сложность проблем в различных сферах и областях не одинакова. С этой точки зрения заслуживает внимания общая классификация систем П. Чекландом. Он подразделяет все системы на три типа [5]: естественные, искусственные и социотехнические системы. В естественных системах (химических, физических, биологических и др.) действуют природные связи и отношения. Их научное обоснование дают естественные науки. В искусственных системах (механизмах, приборах, машинах и других технических системах) связи и отношения также имеют естественную природу, но образованы в результате человеческой деятельности. Теоретической основой искусственных систем являются естественные и технические науки. Для социотехнических систем наиболее характерно то, что самые существенные связи и отношения в них определяются культурой, оценка любых ситуаций в них неразрывно связана с ценностями, мировоззрением, смысложизненными компонентами, этическими нормами и т.д. Научное обоснование таких систем в общем случае осуществляется естественными, техническими и социально-гуманитарными науками при ведущей роли последних.

Самыми многочисленными, сложными и значимыми являются слабоструктурированные и неструктурированные проблемные ситуации в социотехнических или просто социальных системах. В этой связи вопросы практического применения системного анализа будут излагаться применительно именно к таким проблемным ситуациям.

В предыдущих главах фактически были изложены теоретические положения системного анализа. Они позволяют в обобщенном виде выделить основные особенности практического применения системно-аналитических процедур, которые будут рассмотрены ниже.

Владелец проблемы и ЛПР выявляют сложную проблемную ситуацию, изучают и формулируют ее, конечно, с учетом уровня своей подготовленности. Затем ЛПР с помощниками оценивает свои возможности по обоснованию и принятию рационального решения, позволяющего устранить возникшую проблему. Если в результате оценки сформировалось убеждение, что сложность проблемы такова, что рациональное решение самостоятельно вряд ли удастся выработать, то ЛПР обращается к системному аналитику с просьбой провести системно-аналитическую процедуру. Именно осознание ЛПР необходимости обращения и обращение к системному аналитику за помощью является исходным пунктом системного анализа.

Системный аналитик является центральной фигурой в системно-аналитической процедуре. Он ее организует и проводит на основе своей методологической подготовки и опыта участия в обосновании решений по многим сложным проблемам. При этом системный аналитик свою работу строит на основе принципа объективности и исключения влияния собственного мнения на результаты анализа.

Системный анализ предполагает непереносимое непосредственное участие в нем ЛПР и его помощников при методическом руководстве системного аналитика, их постоянного общения с системным аналитиком. Если это условие не выполняется, то полноценная системно-аналитическая процедура состояться не может. Опыт применения системного анализа показывает, что нередко ЛПР государственных организаций, являющиеся, как правило, одновременно и владельцами проблемы, не участвуют в системно-аналитических процедурах по причине занятости и другим мотивам. Конечно, не будь это в обиду ЛПР негосударственных организаций: просто автору не приходилось с ними работать. Еще хорошо, если ЛПР назначают для участия в обосновании решения подготовленных представителей, владеющих проблемной ситуацией.

Главной целью системного анализа, и, следовательно, системного аналитика является обоснование рационального или эффективного решения, позволяющего устранить конкретную проблемную ситуацию.

Главной целью владельца проблемы, ЛПР и других заинтересованных лиц является устранение проблемной ситуации на основе реализации обоснованного с применением системно-аналитической процедуры рационального или эффективного решения. В некоторых работах по системному анализу [5] в качестве важного заключительного этапа системного анализа указывается реализация, внедрение результатов системного анализа. Во второй главе приведены варианты этапов системного анализа, в некоторых из которых также предусмотрен этот этап. В этой связи следует высказать ряд суждений.

Во-первых, реализация или внедрение обоснованного решения является прерогативой ЛПР и других органов управления проблемосодержащей системы, с точки зрения теории управления — одной из важных их управленческих функций. У системного аналитика нет для этого ни соответствующего статуса, ни полномочий, ни прав, ни возможностей, ни управленческой подготовки. Следовательно, включение в качестве важного этапа системного анализа реализации и внедрения решения несостоятельно теоретически. Не случайно во втором и третьем «американских» вариантах этапов системного анализа, приведенных в п. 2.1, заключительным этапом является управление применением решения. Поэтому, учитывая большую значимость реализации результатов системного анализа, необходимо включить в него завершающий десятый этап как участие аналитиков в реализации решения с целью оценки ее последствий.

Во-вторых, включение реализации и внедрения решения в качестве важного этапа несостоятельно с методологической точки зрения. Ведь при такой его формулировке ЛПР и другие органы управления фактически как бы отстраняются от процесса реализации решения, так как все возлагается на системного аналитика, являющегося центральной, главной фигурой в системно-аналитической процедуре.

В-третьих, иногда утверждается, что конечная (главная) цель системного анализа — это изменение проблемной ситуации к лучшему, т.е. фактически устранение проблемы [5]. Выше было показано, что главной целью системного анализа является все-таки обоснование рационального или эффективного решения. А вот устранение проблемы — это главная цель владельца проблемы, ЛПР и других заинтересованных лиц. Видимо, появление реализации и внедрения решения в качестве этапа системного анализа обусловлено некоторой подменой целей.

Системный аналитик должен быть допущен до всей информации по анализируемой проблемной ситуации, которая имеется у владельца проблемы и ЛПР. Это положение доказательств не требует. Однако на практике это бывает не всегда. Нередки случаи, особенно при наличии закрытой информации, когда системному аналитику и его помощникам предлагается использовать при обосновании решений гипотетическую информацию. Это недопустимо, так как в таком случае могут обосновываться тоже гипотетические решения, которые пригодны для устранения не реальных, а гипотетических проблем.

Качество решений, обоснованных с помощью системного анализа для слабоструктуризованных и неструктуризованных проблемных ситуаций, невозможно оценить априори. Такие решения проверяются только при их реализации. В этой связи часто приходится проводить неоднократные уточнения решений проведением повторяющихся циклов системно-аналитических процедур. Кроме того, системный анализ представляет собой сложное методологическое средство, результаты которого не всегда правильно понимаются лицами, принимающими решения. В том числе в силу факторов и причин, которые были охарактеризованы в предыдущем параграфе при рассмотрении основных положений теории «ограниченной рациональности». Специалисты отмечают, что нередко ЛПР отвергали рациональные, хорошо обоснованные, правильные решения, предлагаемые системными аналитиками. Это доказывалось в последующем практикой. Кроме того, имелись случаи, когда результаты системных исследований внедрялись в практику только до тех пор, пока в их реализации принимали участие сами разработчики.

Следовательно, насущная необходимость участия системных аналитиков в реализации обоснованных ими решений заключена в самой природе решения сложных слабоструктуризованных и неструктуризованных проблем. Такие проблемы практически никогда не решаются одноактно, а предполагают выработку исходного решения и последующий итеративный процесс проведения его корректировки повторными циклами проведения системно-аналитических процедур до устранения проблемной ситуации. Однако это отнюдь не означает, что системные аналитики заменяют ЛПР, несущего ответственность за реализацию принятого им решения с целью улучшения и устранения ситуации. Они занимаются своим делом и преследуют главную цель — с помощью системных исследований обосновывать и корректировать решения на основе непрерывного изучения последствий практического их внедрения.

Специфичность обоснования решений с использованием системно-аналитических процедур и сложный итеративный процесс их реализации потребовал разработки специального раздела системного анализа, посвященного практическим вопросам проведения системных исследований и реализации их результатов. По предложению Р. Акоффа он был назван «теорией практики» [5]. Задачей данной теории является исследование общих закономерностей и особенностей практического проведения системно-аналитических процедур, внедрения в практику полученных результатов и выработку соответствующих рекомендаций по повышению эффективности этих процессов. Несмотря на то, что в разработку «теории практики» системных исследований внесли многие специалисты, основная заслуга в ее обосновании принадлежит Р. Акоффу, обобщившего опыт своего участия в системном анализе более чем для четырехсот государственных и частных организаций в различных странах [5]. Основными компонентами «теории практики» являются [5]:

ключевые понятия;

условие добровольности участия в системном анализе;

роль отношений между участниками анализа;

проблемы и способы их решения;

роль этики в системном анализе.

Краткая характеристика основных положений «теории практики» будет дана ниже.

Основными понятиями «теории практики» являются [5]: «социальные системы», «практика», «заинтересованные стороны», «эффективная практика», «практикующий системный аналитик», «развитие организации».

Социотехнические системы Р. Акофф называет «социальными системами». Под ними понимаются такие системы, в которых наиболее существенную роль играют люди. Их еще называют, как уже неоднократно отмечалось в работе, организациями.

Под «практикой» понимается работа системных аналитиков по обоснованию решений для клиентов — ЛПР, т.е. лиц, обладающих властью, достаточной для реализации результатов системных исследований с целью устранения сложной проблемной ситуации. В этой работе должны принимать участие все «заинтересованные лица» (прежде всего, владелец проблемы,

ЛПР, акторы и пассивные участники, о которых речь велась в п. 2.2) или их представители.

«Под «эффективной практикой» понимается улучшение работы организации клиента с точки зрения хотя бы одной из заинтересованных сторон и отсутствие ухудшения этой работы с точки зрения остальных» [цит. по: 5, с. 339].

Понятие «практикующий системный аналитик» Р. Акофф определяет следующим образом [цит. по: 5, с. 339]: «Не тот, кто, столкнувшись с проблематикой организации, собирает симптомы, ставит диагноз и выписывает рецепт, подобно врачу, имеющему дело с пациентом. Я имею в виду тех, кто, оказывая поддержку и помощь, делает других способными справляться со своими проблемами более успешно, чем они могут делать без его помощи. Таким образом, системный аналитик более похож на учителя, чем на доктора. Учителя знают, что они не могут научиться вместо своих учеников; ученики должны научиться сами. Но учителя могут помочь ученикам научиться большему и быстрее, чем это они могут без учительской помощи». Но и этой аналогии с учителем недостаточно. Р. Акофф считает, что системная практика является познавательным процессом как для клиентов, так и для самих аналитиков [цит. по: 5, с. 340]: «Если они ничему не учатся в ходе работы, то они не практикуют, а консультируют, делясь тем, что они знали заранее. Скажем иначе: целью практики является поднять уровень развития системы клиента, всех ее заинтересованных сторон и самих аналитиков, вовлеченных в работу».

Р. Акофф дает следующее определение понятия «развитие» [цит. по: 5, с. 340]: «Развитие определяется как увеличение желания и способности организации удовлетворять свои собственные и чужие нужды и оправданные желания». Под нуждами понимается то, что необходимо для выживания, а под оправданными желаниями - те из них, удовлетворение которых не сказывается отрицательно на развитии других. Развитие связано с обучением и осуществляется под действием внутренних факторов социальной системы. Развивать системы извне невозможно, можно только способствовать развитию, но только с участием их заинтересованных сторон. Поэтому единственным способом развития социальных систем является саморазвитие, самоорганизация. Развитие связано не столько с наличием ресурсов, сколько с умением их использовать. Среди всех ресурсов для развития наиболее важны не материальные, а информационные ресурсы. С

развитием системы становятся все менее зависимыми от наличных ресурсов и все более способными добывать или производить недостающие из них.

С точки зрения Р. Акоффа важно различать понятия развитие и рост. Это не одно и то же, они даже не обязательно связаны друг с другом [цит. по: 5, с. 340]: «Груда мусора может расти без развития. Человек развивается еще долго после того, как прекращается его рост. Это, конечно, очевидно. Менее очевидно, что многие проблемы, связанные с развитием, опираются на предположение, будто для развития экономический рост необходим, если недостаточен, и будто пределы роста ограничивают развитие». Сложные социальные системы могут вырасти чрезмерно. Однако пределов их развитию нет.

Добровольность в «теории практики» считается самой важной особенностью участия заинтересованных сторон в системно-аналитических процедурах. Если этого нет, то участие не может быть эффективным. Р.Акофф установил, что заинтересованные лица наиболее склонны участвовать в поисках путей и способов устранения сложной проблемной ситуации при выполнении трех условий [5J:

они уверены, что их участие действительно повлияет на полученные результаты;

участие в работе вызывает у них живой интерес;

есть предпосылки для действительного внедрения результатов.

Выполнение первого условия связано с обеспечением равноправности заинтересованных сторон при обосновании решений. Если решение принимается представителями одной из сторон, представители которой составляют большинство, то от меньшинства не следует ожидать добровольного участия в анализе. Выход — поиск компромиссного варианта решения на основе консенсуса всех сторон.

Для заинтересованности участников анализа могут применяться самые различные способы. Р. Акофф для этой цели часто использовал на начальном этапе предложение участникам разработать идеальный вариант проектируемой системы, которая обладает более высоким уровнем качества и все согласны на замену ею существующей системы. При этом проект системы не должен основываться на нереальных, фантастических идеях и возможностях: он должен быть реализуемым, учитывать существующие основные внешние ограничения (экономические, правовые, социальные и

др.), обеспечивать обучаемость и адаптивность системы при изменении условий внешней среды. Разработка подобного проекта, как правило, вызывает у участников большой интерес, так как содержит элемент творческой игры, позволяет им отвлечься от привычных стереотипных подходов к решению проблем, дать волю своей фантазии. При этом им открываются новые возможности и проблемы своей организации, а также пути и способы их решения. И, самое главное, после некоторого «приземления» проектов участники анализа могут сформировать первоначальный облик нового проекта системы, который близок к реализуемому варианту.

Роль отношений между участниками системного исследования и внедрения его результатов для их успешного проведения существенна. Особую значимость в этом плане имеют следующие факторы: личное участие ЛПР; получение системным аналитиком и его помощниками за свои услуги денежного вознаграждения; заинтересованность окружения ЛПР в проведении исследований и внедрении их результатов; установление отношений взаимного доверия между ЛПР и системным аналитиком.

Готовность ЛПР лично участвовать в системном исследовании и в реализации их результатов является одним из важнейших факторов, который в значительной мере обуславливает гарантию того, что анализ будет завершен, а его результаты внедрены. Требование участия столь ответственного лица известно как «принцип первого лица» [5]. Р. Акофф, подчеркивая исключительную важность соблюдения этого принципа, был весьма категоричен [цит. по: 5, с.342]: «Лично я не стану участвовать в проекте, в котором не хотят принять участие ответственные лица, и я не стану тратить на него больше времени, чем они. Проблемы их, а не мои: если они считают, что эти проблемы не стоят их времени, почему я должен считать иначе».

Р. Акофф обращает внимание на то, что завершение системных исследований и использование их результатов всегда вероятней в тех случаях, когда услуги системных аналитиков оплачивались. Это обусловлено тем, что когда тратились деньги, то анализ был действительно нужен. Кроме того, он считает, что здесь играет и психологический аспект: всегда менее всего людьми ценится бесплатное.

Бесспорно влияние ближайшего окружения ЛПР на проведение анализа и практическое использование полученных результатов. Конечно, реализация «принципа первого лица» уже немало значит в подключении к работе его подчиненных за счет административного ресурса. Активизировать же,

заинтересовать окружение может его привлечение к «идеальному проектированию».

Особое внимание Р. Акофф уделяет установлению между ЛПР и аналитиком атмосферы взаимного доверия и даже дружеских отношений. Более того, он считает это абсолютно необходимым условием успешного завершения исследований и внедрения их результатов. Это обуславливается тем, что руководитель должен быть уверен в том, что его собственные интересы в ходе анализа и внедрения не будут нарушены, что системный аналитик поймет и учтет его мнение и предпочтения. А гарантии этого возможны только при установлении именно таких отношений. Опыт Р. Акоффа показал, что установление подобных отношений облегчается при соблюдении следующих условий [5]:

любая из сторон может отказаться от продолжения анализа в любой момент и по любой причине; если появилась неудовлетворенность ходом работы, то стороны не обязаны ее продолжать;

системный аналитик должен не только организовать и осуществлять методическое руководство системно-аналитической процедурой, но и уделять достаточное время обучению персонала организации с таким расчетом, чтобы он мог в будущем самостоятельно справляться с проблемами, родственными решаемой;

системный аналитик ни в коем разе не должен подчеркивать свои заслуги в получении положительных результатов при решении сложной проблемы; наоборот, он должен всячески отмечать заслуги в этом других участников, что быстро приводит к росту его авторитета;

системный аналитик должен выполнять свои обязанности на высоком профессиональном уровне; вместе с тем, он предъявляет высокие требования и к созданию необходимых условий для работы. Например, если его ограничивают в требуемых профессиональными стандартами контактах с ответственными лицами и полном доступе к информации, то работа прекращается;

системный аналитик должен отдавать дань уважения компетентности и интеллекту ЛПР, причем, делать это искренне и открыто; конечно, при этом исключается подхалимство.

Только в сравнительно простых системах можно четко разграничить цикл системных исследований и цикл последующего внедрения их

результатов, причем, как единичные акты. При анализе сложных социальных систем процессы исследования и внедрения переплетаются, сливаются, как уже отмечалось в параграфе выше, носят итеративный характер. Это обусловливается тем, что такие системы изменяются в силу действия различных, прежде всего, внутренних факторов и под воздействием самих исследований. В процессе итераций постепенно изменяется состояние проблемой ситуации, уточняется главная цель (цели), изменяются персональный состав участников и отношения между заинтересованными сторонами, повторение циклов исследований и реализации их результатов влияет на функционирование системы.

В этой связи Риветт писал [цит. по: 5, с. 343]: «Бытовало мнение, что существует четко определенные проблемы с ясно определенным набором целей и ограничений и что можно, так сказать остановить мир, сойти с него, чтобы построить модель, а затем войти в него опять. Так было, и в некоторых случаях остается так, и именно в этих случаях формальное математическое моделирование является мощным и достаточным средством. Но существуют и другие случаи, в которых жизнь течет не останавливаясь и исследователь оказывается не на берегу, наблюдая, как река жизни течет мимо, а в хрупкой лодке, несущейся по быстрине».

В п. 2.2 были указаны четыре способа обращения с проблемами в зависимости от их решаемости. Наиболее часто при системных исследованиях социальных или социотехнических систем используется четвертый способ: постепенно устранить трудно решаемую или нерешаемую проблему, «растворить» ее, переделав систему, в которой она существует, и(или) внешнюю среду. Причем, как отмечалось выше, таким образом, чтобы с будущими схожими проблемами система могла бы справляться самостоятельно. Итеративный характер системного анализа обуславливает специфический процесс устранения проблемной ситуации: проблема не решается одноактно, а «растворяется», постепенно «исчезает» от цикла к циклу исследований и внедрения их результатов.

В системных исследованиях социальных систем тесно переплетаются объективные и субъективные факторы. Они основываются на общих закономерностях развития и функционирования этих систем, но с учетом уникального, единичного, присущего конкретной системе и конкретной проблеме в данное время и в данных условиях. Существенными при проведении исследований являются и субъективные факторы: в решении проблем в социальной сфере значительную роль играют корпоративные,

групповые и индивидуальные цели, интересы, ценностные, смысловые, этические и другие структуры.

Р. Акофф в «теории практики» акцентировал внимание на этике системных исследований. При этом он отметил, что системным исследованиям присущи особенности, характерные для любых исследований, в том числе общие этические нормы. К ним относятся [5]: объективность, честность, научная добросовестность, стремление к истине, требовательность к своей компетенции, соблюдение норм общения с коллегами и др. Вместе с тем, в системном анализе более значимы по сравнению с другими видами исследований ценностные факторы, психология отношений между людьми, недостаточно изученные и далекие от формализации интересы людей. В этой связи отмечается важность для системного аналитика следующих этических норм его поведения [5]: недопустимость навязывания своего мнения ЛПР; ограниченность компромиссов; этический выбор.

Для исключения навязывания своего мнения ответственному лицу системный аналитик должен соблюдать следующие этические правила [5]:

^ не скрывать и доводить до ЛПР все возможные допустимые альтернативы, в том числе и такие, которые ему самому по каким-либо причинам не нравятся;

S сообщать и разъяснять все предположения, на которых основываются полученные заключения;

S обращать внимание ЛПР на устойчивость или чувствительность альтернатив к изменениям внутренних факторов или условий внешней среды. Ограниченность компромиссов означает, что системный аналитик для установления доверительных отношений с заказчиком может включать в модели и решения некоторые детали, которые заказчик считает существенными, а сам аналитик придерживается противоположного мнения. Однако по важным положениям аналитик не может идти на соглашения. Он должен, например, проявить смелость и твердость и предъявить ЛПР эффективную альтернативу, которая тому заведомо не нравится и вызовет его отрицательную реакцию.

Системный аналитик может оказаться в ситуации необходимости этического выбора. Она характерна тогда, когда его этические принципы не совпадают с этическими принципами заказчика. Для этой ситуации Дрор сформулировал следующие этические правила для системного аналитика [5]:

S не работать на заказчика, если он не дает полного доступа к необходимой информации и не позволяет публиковать результаты исследований;

S отказываться от участия в системно-аналитической процедуре, если она предназначена для «обоснования» уже принятого решения;

S не работать на клиента, гуманистические цели и ценности которого противоречат гуманистическим целям и ценностям и убеждениям самого аналитика.

Специалисты отмечают, что выполнение этих этических правил в категорической форме очень часто наталкивается на «прозу жизни» или «сложности жизни» [5J.

Во-первых, этика является делом добровольным.

Во-вторых, исследования многих организаций, проведенных Черчменом, показал явление «эгоизма систем»: реальные системы часто служат не целям, ради которых они созданы, а целям персонала самих систем [5]. Например, в системе торговли интересы продавцов выше интересов покупателей, в поликлиниках и больницах интересы врачей часто выше интересов больных, в вузах интересы администрации и преподавателей выше интересов студентов [5] и др. Следовательно, системным аналитикам необходимо каждый раз определять степень «эгоизма» исследуемой системы, оценивать его на приемлемость. Отказываться от сотрудничества следует, видимо, в том случае, если «эгоизм» системы выходит за граничные для аналитика рамки. Тем более что результаты системных исследований, которые будут получены и внедрены, могут улучшить этику системы.