

*Т. Саати, К. Кернс*

# АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Организация  
систем



«Радио и связь»

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ  
ПЛАНИРОВАНИЕ**  
•  
**Организация  
систем**

# **Analytical Planning**

## *The Organization of Systems*

by

**THOMAS L. SAATY**

*Graduate School of Business,  
University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania, USA*

and

**KEVIN P. KEARNS**

*School of Urban and Public Affairs,  
Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, USA*



**PERGAMON PRESS**

**OXFORD · NEW YORK · TORONTO · SYDNEY · FRANKFURT**

*Т. Саати, К. Кернс*

# **АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ**

## **Организация систем**

Перевел с английского  
Р. Г. Вачнадзе

Под редакцией  
И. А. Ушакова

Москва  
«Радио и связь»  
1991

УДК 338.984:519.6

Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ.— М.: Радио и связь, 1991.— 224 с.: ил.— ISBN 5-256-00380-1.

Книга известного американского специалиста Т. Саати и его коллеги К. Кернса посвящена формулированию принципов подхода к планированию, основанных на разработанном ранее Т. Саати методе анализа иерархических структур.

Книга состоит из двух частей: «Системы и сложность» и «Стратегическое планирование», включающих семь глав. Первая часть посвящена раскрытию понятия сложности систем, обоснованию системного мышления, истории развития систем. Подробно описан достаточно простой метод анализа иерархий, представляющий собой один из мощных системных подходов к решению системных проблем. Метод основан на обработке экспертной информации, получаемой при попарном сравнении элементов рассматриваемой проблемы и последующем иерархическом синтезе результатов. Проводится сравнение метода с другими известными подходами. Во второй части книги излагаются современные теории планирования. Планирование рассматривается как уникальная форма принятия решений; обосновываются философский и методологический аспекты применения метода анализа иерархий в задачах стратегического планирования.

Многочисленные примеры из разных сфер приложений наглядно показывают практическую ценность предлагаемого авторами подхода к решению задач планирования, распределения ресурсов и анализа «стоимости — эффективность».

Предназначена для научных работников; может быть полезна всем, кто интересуется вопросами принятия решений и планирования.

Табл. 25. Ил. 20. Библиогр. 261 (назв.).

## Редакция переводной литературы

Научное издание

Саати Томас, Кернс Кевин

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ

Заведующий редакцией Ю. Г. Ивашов. Редактор Н. И. Гормакова. Обложка художника В. Р. Громова. Художественный редактор В. В. Алексеев. Технический редактор А. Н. Золотарева. Корректор З. Г. Галушкина

ИБ № 2024

Сдано в набор 24. 04. 90. Подписано в печать 26. 12. 90. Формат 60×88 1/16. Бумага офсетная № 2. Гарнитура "литературная". Печать офсетная. Усл.печ.л. 13,72. Усл.кр.-отт. 14,09. Уч.-изд.л. 15,72. Тираж 9 000 экз. Изд. № 22869 Зак. № 885. Цена 3 р. 70 к.

Издательство «Радио и связь» 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Московская типография № 4 Государственного комитета СССР по печати.

Москва, 129041, Б.Перелазская, 46

С 1402020000-036  
046(01)-91 26-91

ISBN 5-256-00380-1 (рус.)

ISBN 0-08-032599-8 (англ.)

© 1985 Т. L. Saaty and K. P. Kearns

© Перевод на русский язык и примечания. Вачнадзе Р. Г., 1991

Предисловие к русскому изданию.  
Ушаков И. А., 1991

## ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Советский читатель имеет возможность познакомиться еще с одной книгой известного американского математика Томаса Саати, написанной им в соавторстве с К. Кернсом. В нашей стране хорошо знают работы Т. Саати. Еще в 1962 г. вышла в русском переводе его книга «Математические методы исследования операций» [1]. Затем вышли в переводе книги по теории массового обслуживания [2, 3], целочисленной оптимизации [4], теории графов [5], а также очень необычные по смелости и неожиданности мысли прикладные книги по проблеме разоружения и контроля над вооружениями [6] и проблемам планирования в градостроительстве [7].

Томас Саати является, безусловно, одним из самых ярких представителей прикладной науки. Об этом говорят не только его математическая эрудиция и глубина новых теоретических результатов, но и диапазон приложений. Он был прав, предпослав к одной из своих монографий эпиграф: «Я люблю обе стороны математики: чистую — как возвышенный уход от реальности, прикладную — как страстное стремление к жизни».

Предлагаемая вниманию читателя книга посвящена теоретическим проблемам планирования и некоторым интересным методологическим вопросам. Следует заметить, что вопросы планирования в последние годы стали довольно широко освещаться в американской научно-технической литературе. Читателю, интересующемуся этими вопросами, можно указать на одну уже относительно старую работу [8], которая была, возможно, первой американской работой по планированию, переведенной на русский язык. Ее автор также один из известнейших специалистов по исследованию операций Рассел Акофф. В своей работе, носящей не математический, а чисто методологический характер, автор в самом ее начале высказывает несколько интересных мыслей, которые могут быть с полным основанием отнесены и к представляемой работе: «Планирование — это проектирование желаемого будущего и эффективных путей его достижения. Это орудие мудрых, но не одних только их. В руках же мелких людей оно часто превращается в беспо-

лезный ритуал, который порождает кратковременную успокоенность, а не творит будущее, к которому стремятся». Далее он пишет: «Лучшие образцы планирования являются в такой же степени творениями искусства, как и науки. Здесь, как нигде, важно их гармоническое сочетание».

Авторы предлагаемой книги не ограничиваются только методологией планирования, хотя и ей они уделяют большое внимание. Одно из ключевых мест в книге занимает изложение так называемого метода анализа иерархий. Этот новый математический аппарат, разработанный Т. Саати для решения различных практических многокритериальных оптимизационных задач, с успехом применяется в данной книге к решению различных задач планирования. Известно, что многокритериальная оптимизация, являясь достаточно сложной проблемой с чисто математической точки зрения, остается при этом даже после своего формального решения (например, после построения множества Парето) проблемой принятия решений: выбор окончательного единственного компромиссного решения — прерогатива лица, принимающего решения.

Разработанный Т. Саати метод анализа иерархий, как показано в данной книге, может быть с успехом использован для решения многих практических задач. Можно надеяться, что изложенный в книге метод окажется полезным и советским специалистам, занимающимся вопросами планирования на различных уровнях — от планирования промышленных разработок до планирования развития отраслей народного хозяйства.

В заключение отметим, что в издательстве «Радио и связь» готовится к выпуску еще одна книга Т. Саати, посвященная детальному описанию метода анализа иерархий и вопросам его программной реализации. Кроме того, подготавливается русскоязычная версия системы «Эксперт Чойс» («Экспертный выбор»), выполненной для персонального компьютера типа IBM PC или других с ним совместимых. Эта экспертная система имеет гибкий и развитый пользовательский интерфейс, позволяет получать промежуточную и окончательную информацию о решении в удобном графическом виде с возможностью вывода ее на принтер. Все процедуры поиска компромиссных вариантов, возникающие при решении задач многокритериальной оптимизации, удобно реализованы в системе в режиме диалога пользователя с компьютером. Нельзя не отметить, что экспертная система получила очень широкое распространение в мире, в частности во многих организациях и учреждениях США, Канады, Японии, КНР и многих европейских стран. Тысячи ее экземпляров используются в самых различных сферах менеджерами, инженерами, исследователями. Предлагаемая книга будет хорошим методологическим подспорьем для тех, кто решит использовать систему «Эксперт Чойс» в нашей стране.

Можно надеяться, что данная книга и упомянутая экспертная система окажутся весьма полезными советским специалистам при

решении различных практических задач в области исследования операций, и в частности в области решения задач многокритериальной оптимизации, возникающих при анализе задач организации производства, планирования выпуска продукции в условиях хозрасчета (без жесткого директивного планирования), а также для планирования развития промышленных отраслей и отдельных предприятий. Очень эффективным разработанный авторами метод может оказаться при анализе экономического развития регионов страны, при решении глобальных экологических проблем, а также при решении таких стратегических вопросов, как вопросы разоружения и контроля над вооружениями. Здесь, как показывает накопленный опыт, аналитические методы в чистом виде оказываются крайне неэффективными, а использование экспертных оценок в таких сложных ситуациях (особенно при работе относительно больших по численности экспертных групп) без специально разработанных процедур также далеко не всегда приводит к успеху.

*Доктор техн. наук,  
профессор И. А. Ушаков*

#### Литература

1. Саати Т. Л. Математические методы исследования операций/Пер. с англ. под ред. А. П. Гришина.— М.: Воениздат, 1962.—420 с.
2. Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания/Пер. с англ. под ред. И. Н. Коваленко и Р. Д. Когана.— М.: Сов. радио, 1965.—510 с.
3. Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания. Изд. 2-е/Пер. с англ. под ред. И. Н. Коваленко.— М.: Сов. радио, 1971.—520 с.
4. Саати Т. Л. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы/Пер. с англ. под ред. И. А. Ушакова.— М.: Мир, 1973.—302 с.
5. Басакер Р. Г., Саати Т. Л. Конечные графы и сети/Пер. с англ. под ред. А. И. Теймана.— М.: Наука, 1974.—366 с.
6. Саати Т. Л. Математические модели конфликтных ситуаций/Пер. с англ. под ред. И. А. Ушакова.— М.: Сов. радио, 1977.—304 с.
7. Данциг Дж., Саати Т. Л. Компактный город/Пер. с англ.— М.: Стройиздат, 1977.—138 с.
8. Акофф Р. Л. Планирование в больших экономических системах/Пер. с англ. под ред. И. А. Ушакова.— М.: Сов. радио, 1972.—223 с.



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга о новом методологическом подходе к планированию. Метод анализа иерархий (МАИ) применяется в планировании по крайней мере в течение десяти лет, начиная с исследования транспортной системы Судана, за которым последовало другое приложение в пивоваренной промышленности Мексики. После этого МАИ широко применялся в разных странах для определения приоритетов, проведения анализа «стоимость — эффективность» и распределения ресурсов. Несколько организаций использовали метод в области ядерной энергетики. Комиссия по ядерному регулированию и Национальный исследовательский совет Канады применили метод для распределения ресурсов по сферам исследований. Совсем недавно МАИ был применен при конструировании технических систем. В Израиле профессор Ами Арбель, работая в авиапромышленности, сконструировал новый самолет. Он нашел метод полезным при принятии компромиссных решений как по формализуемым, так и по неформализуемым факторам, для которых отсутствовали связывающие их аналитические зависимости.

Метод много раз использовался при планировании в промышленности Питтсбурга, включая банковское дело, сталелитейную промышленность и развитие энергетических ресурсов. Мы применяли его в сфере городского хозяйства для кооперирования и координации общественных услуг. Разнообразие приложений метода привело нас к мысли написать данную книгу.

Мы решили включить в книгу обсуждение понятий сложности и систем для того, чтобы прояснить, что применяемая в планировании методология не может быть упрощена без потери некоторых основных элементов. Вывод заключается в том, что структура проблемы может быть настолько сложна, насколько мы по существу ее видим, включая релевантные действующие силы, цели, критерии и альтернативы. Однако анализ проблемы должен быть простым и единым. Подход не должен превышать возможностей «среднего» человека для понимания того, что происходит, и участия в формировании входных данных и интерпретации результатов.

Из-за ограниченного объема книги подробно изложены лишь некоторые примеры и даны ссылки на большое число других приложений.

События в нашем сложном обществе с мириадами проблем не могут больше рассматриваться изолированно. К ним надо подходить как к единому целому; взаимозависимые события должны рассматриваться одновременно. Системы и планирование являются двумя фундаментальными концепциями, которые спаяны воедино: их нельзя рассматривать раздельно. Мы планируем в пределах системы, и ни одна система не формируется случайно. Она должна быть построена с должной мерой предвидения. Некоторые системы развиваются в ответ на изменение потребностей, например система питания, биологическая система. В таких системах требуются длительные периоды времени для выработки комплекса реакций. Часто реакция может быть неудовлетворительной. Большинство систем в действительности разрушаются и исчезают. Когда нуждаются больные или голодные люди, сострадание требует, чтобы мы реагировали быстро, а не выжидали. Человеческий дух противится, когда мы стоим в стороне и смотрим на реализацию нежелательных исходов вне нашего контроля. Избирательное невнимание и мышление слишком часто приводят к драматическим исходам.

В сложной обстановке дела не решаются сами собой. Мы должны планировать, чтобы лучше подготовиться к откликам системы. Мировое сообщество с 4,8 млрд жителей не станет проще, когда через 20 лет их будет 6 млрд. Оно не может надеяться на статистику для выработки решений. Планировать наше будущее нужно с ясным и определенным осмыслением цели, и мы должны хорошо научиться этому.

Концептуальная основа книги объединяет понятия систем и планирования и предлагает методологическое средство для совместного осмысления этих двух понятий. В первой части содержатся основные идеи, связанные с системами, сложностью, иерархиями и выявлением приоритетов.

Во второй части книги представлено планирование как уникальная форма принятия решений с пояснением некоторых известных философских и методологических подходов. В частности, обсуждаются некоторые недостатки традиционных подходов к планированию и показывается, как с помощью системного подхода эти недостатки можно преодолеть.

Эта книга — введение в предмет для исследователей и практиков. Те, кто интересуется планированием, а не философией систем, могут прочесть лишь гл. 3 и вторую часть книги.

## ЧАСТЬ I

# СИСТЕМЫ И СЛОЖНОСТЬ

Эта часть включает четыре главы по системам и сложности, а также по методу анализа иерархий как системному подходу к системным проблемам. Глава 1 посвящена сложности и взаимодействиям, гл. 2 — системам, гл. 3 — методологии, а гл. 4 — системным характеристикам и тому, как они отражены в методологии.

## Глава 1

### СЛОЖНОСТЬ

#### 1.1. ВВЕДЕНИЕ

Поразительным свойством окружающего нас мира является увеличивающаяся сложность и взаимозависимость его частей. Мирады повседневно возникающих проблем сотканы в ткань, отличительные свойства которой не могут быть описаны просто цветами составляющих ее нитей.

Проблемы, являются ли они социальными, политическими или экономическими, не существуют изолированно. Они не могут быть выделены из целого, объяснены по отдельности, а затем интегрированы для объяснения целого. Действительно, следует даже поставить вопрос: распадаются ли проблемы на специализированные «социальные», «политические» и «экономические» группы? Все результаты (за исключением слишком тривиальных) в любой из этих сфер деятельности имеют отношение к соответствующим проблемам в других сферах. К этой дилемме добавляется постоянно изменяющаяся природа их взаимозависимости. На взаимозависимость влияют изменения в населении, ресурсах, промышленных объединениях, технологии и т. п.

Среда, в которой возникают проблемы, сама по себе не является статической целостностью. Она *динамична*, так как всегда изменяется, подвергаясь как внешним, так и внутренним воздей-

ствиям. Среда меняется вместе со своими проблемами и их решениями в физическом и концептуальном *пространстве*. В результате технологического процесса также изменяются и фильтруются отношения между элементами посредством сугубо личных интерпретирующих структур. Среда также меняется во времени, поскольку на нее заметно влияют события.

Сложность — это совокупность огромного числа различных объектов, действующих вместе. Данная концепция является сердцевиной общей теории систем, а также предмета нашего исследования. Наш конечный, отчасти эмоциональный, отчасти логичный разум, который является нашим окном в мир, имеет свою собственную сложность. Эта внутренняя сложность сама по себе понятна, так как мы считаем, что построенная нами реальность адекватна нашей физической и поведенческой сущности.

В этой главе исследуются природа сложности как таковая, а также некоторые современные проблемы, стоящие перед обществом. Системные идеи применялись в различных проблемах реальной жизни — от распределения пищи вплоть до медицины. Однако практическая ценность системного мышления в таких сферах ставилась под вопрос и критиковалась. Мы проверим некоторые критические доводы.

Необходимы разумные пути разрешения наших проблем. Предлагаемый подход способствует творчеству и опыту при структурировании сложных проблем и воплощению решений в доступной и систематической форме.

## 1.2. СЛОЖНОСТЬ

Саймон [13] определяет сложность как большое число объектов, которые взаимодействуют непростым образом. Некоторые будут оспаривать то, что количество является требованием, предъявляемым к сложности. Такая простая вещь, как узел на веревке, может сама собой быть сложной. Тем не менее мы должны различать сложное и трудное. Узел имеет одно решение, которое может быть трудным, но цель ясна — развязать веревку. Сложная проблема обычно имеет много возможных решений, и эти решения могут служить многим назначениям. Например, проектирование или модификация интегрированной городской транспортной системы потребует исследования воздушных, наземных и, возможно, водных видов транспорта. Целью будет развитие и эксплуатация соответствующей *комбинации* этих видов, которые будут дополнять друг друга. Будет несколько, возможно много, таких комбинаций, каждая из которых могла бы разрешать проблему.

Сложность есть *взаимодействие* и, более того, *взаимозависимость*, т. е. поведение одного или нескольких элементов воздействует на поведение других элементов. Например, экономика зависит от энергетики и других ресурсов, наличие энергоресурсов зависит

от политики, политика зависит от силы, а сила зависит от военной мощи и экономической стабильности. Заметим, что эти взаимозависимости симметричны: политика зависит от экономики, однако экономика также зависит от политики. В результате получаем сложную сеть симметричных взаимоотношений с меняющейся *интенсивностью*. Посредством *дифференциации* степень отличительности элементов становится существенной в сложной структуре, в которой они присутствуют. Под дифференциацией мы подразумеваем, что социальные и/или функциональные роли взаимодействующих элементов, несомненно, нами различаются; они развертываются в уникальную схему. Сложность зависит не только от взаимозависимости, но и от *числа* взаимодействующих компонент (см. также [15]). Поэтому оправдывающая себя модель, с помощью которой исследуется сложность, зависит от новых свойств, полученных в результате *синергии* взаимодействия взаимозависимых частей. Такие свойства априорно не присущи отдельным частям и часто характеризуют новые элементы, или кластеры, являющиеся результатом взаимодействия существующих элементов.

Интерпретация и понимание сложности зависят от нашей культуры, языка, прошлого опыта, профессиональной подготовки и логики, которые мы применяем при соединении частей головоломки в единое целое. Эта субъективность представляет дилемму более высокого порядка, которая рассеивает любое латентное подозрение, что имеется объективная интерпретация реальности, превосходящая наш разум и познавательную способность. Похоже, что наша основная надежда заключается в том, чтобы действовать единственным осознанным путем, определяя приоритеты и стремясь удовлетворить их в наибольшей степени. По-видимому, немногие из наших ответов остаются неизменными навсегда.

Люди (называемые акторами), которые решают, какие действия предпринимать для решения сложных проблем, и те лица (называемые держателями доли или заинтересованными лицами), на которых воздействуют эти решения, обычно имеют различные интересы и противоречивые цели. В рамках этих двух групп или между ними может не быть консенсуса по желаемым целям или по стратегиям, разработанным для их достижения. Поэтому выбор целей, а также средств их достижения требует обсуждения и компромиссов. Участники могут подойти к процессу принятия решений с различными предположениями об ограничениях внешней среды и о внутренних ограничениях самой системы. Предположения формируют их восприятие, определяют постановку проблемы и обуславливают реакцию на нее. Действительно, так как конфликтующие цели получаются в результате альтернативных суждений, а суждения обусловлены определенными ценностями, мы должны пытаться вытащить на поверхность, извлечь и исследовать эти приоритеты и отдельные интересы в сложных проблемах принятия решений.

Другой трудностью, с которой мы сталкиваемся при определении понятия сложности, является то, что уже обсуждалось ранее — взаимосвязь многих ее задач, называемая *проблематикой*. Решение множества задач или их набора как целого не может быть получено расчленением на частные проблемы, их решения и синтеза общего решения основной проблемы. Сложные проблемы никогда не существуют изолированно и редко характеризуются односторонними причинными отношениями. Скорее, сложность связывает проблемы вместе и формирует картину взаимоотношения и множественной причинности. Точную природу схемы причинности трудно понять до конца: слишком часто взаимосвязь проблем обнаруживается только после того, как мы применили «решения», которые к нашему ужасу порождают вторичные проблемы.

### 1.3. ПРИМЕРЫ СЛОЖНЫХ ПРОБЛЕМ

Множество взаимозависимых внутренних и международных проблем наглядно показывают, что наш мир гораздо больше, чем простая совокупность изолированных и автономных элементов. Приведем несколько кратких примеров.

Рассмотрим наличие «рискового» капитала, являющегося важным фактором в здоровой экономике, а также наличие новых источников энергии. Наличие денег для разведки и разработки альтернативных источников энергии зависит от экономической политики, заключающейся в понижении налогов на определенные инвестиции, низкие тарифные ставки на ссуду, а также от достаточной прибыли в случае успеха. Такие меры могут привлечь дополнительный капитал для помещения в разработки нового вида энергии. В конечном счете интенсифицируется конкуренция на энергетическом рынке и снижаются цены на нефть. В свою очередь, низкие цены на нефть помогают снизить уровень инфляции, что способствует оздоровлению экономики.

Примеры производства и распределения продовольственных товаров также показывают тесную связь с международным экономическим развитием. В странах третьего мира часто терпят неудачу попытки индустриализации экономики. Причина этого частично заключается в том, что они должны экспортировать многие виды наиболее драгоценного сырья и натуральных ресурсов для получения благоприятных торговых условий на продовольствие от промышленно развитых стран.

Сдвиг акцентов производства продовольствия от обработки имеющихся пахот на возделывание неиспользуемых земель, как предлагается некоторыми, только ухудшает взаимозависимые энергетические проблемы. Превращение этих земель в продуктивные требует большого вложения энергии на каждый акр.

Кроме того, подготовка земель для возделывания часто влечет за собой вырубку леса, что может нарушить экологический баланс.

В свою очередь, расширение продуктовой емкости используемых в настоящее время пахотных земель может привести к сильной эрозии почвы. С течением времени некогда богатая земля фермеров может превратиться в бесплодную пустыню. Это свидетельствует о том, что спрос и предложение на продовольствие влияют на экологию и расход энергии.

Еще одним примером является гонка ядерных вооружений. Предмет спора при разоружении включает заботу о национальной безопасности и действительном или воображаемом риске. Оборонные расходы в значительной степени влияют на инфраструктуру промышленности, транспорта, связи и энергетики — основу любой современной экономической системы. Похоже, что кардинальный сдвиг в структуре военных расходов будет иметь немедленный и далеко идущий эффект на любую экономическую систему, неотъемлемой частью которой она является. Снижение военных расходов не только оставит много людей без работы, но и ограничит исследовательскую активность, которая часто ведет к получению результатов как для военных, так и для мирных целей. Эта проблема, на которую воздействуют как осязаемые, так и неосязаемые силы, очень важна, так как она влияет на выживание человечества.

Экономика представляет еще один пример сложности. Частые неудачи в прогнозировании флуктуаций в экономике подтверждают, что сложность, свойственная социоэкономическому поведению, может превышать пределы наших интеллектуальных возможностей. Даже при использовании сложных экономических теорий и моделей мы обнаруживаем, что не можем справиться со сложной сетью взаимозависимостей. Мы сталкиваемся с трудностью предсказания краткосрочных, ежегодных или даже помесечных состояний экономики. Долгосрочные прогнозы всего на несколько лет выливаются не более чем в обоснованные догадки. То, что в одном секторе экономики проявляется как симптом, в другом секторе появляется как результат событий. Например, производительность зависит от капиталовложений, которые, в свою очередь, зависят от процентных ставок, наличия кредита и налоговых обложений. Состояние экономики также зависит от мобильности трудовых ресурсов, которые, в свою очередь, зависят от множества местных и региональных вопросов, таких, как возможности найма на работу, стоимость жизни и общие жизненные условия. Наконец, состояние экономики в большой степени определяется такими неосязаемыми вещами, как доверие к политике избранных лидеров. Если имеется широко распространенное доверие экономической политике, сформулированной правительственными лидерами, то экономический рост становится, по существу, самовыполняемым пророчеством. Обратное утверждение также верно. Эта экономическая жизнеспособность может быть в той же мере состоянием ума, как и состоянием бытия.

Циркулярный характер экономики и ее субъективные, неосязаемые

мые элементы затрудняют определение точек вмешательства, которые предоставляет ее потенциал для получения желаемых эффектов. Мы пришли к пониманию того, что действия, предпринимаемые сейчас, по-видимому, не приведут к немедленным результатам; полученные в конечном счете итоги могут быть результатом вмешательства множества сил, которые нелегко изолируемы или неясно понимаемы сегодня.

#### **1.4. ПОТРЕБНОСТЬ В БОЛЕЕ ШИРОКОМ ВЗГЛЯДЕ НА МИР**

Сложность и взаимозависимость играют важную роль во всех вышеприведенных примерах.

Обращение к этим проблемам требует подхода, который позволил бы нам использовать релевантную информацию различного вида, включая точные данные, количественную информацию, и неточные — полученные интуитивно, из опыта, с учетом ценностей, суждений и образных догадок. Следовательно, мы могли бы распространить наш анализ, включая в него все возможные исходы, которые в другом случае могли бы быть незамеченными.

В нашу концептуализацию «знания» следует включить как субъективные наблюдения и интерпретации, так и «объективные» оценки реальности. Это происходит отчасти от того, что имеется иное знание, чем то, которое получено повторяющимися экспериментами и научными доказательствами. Что касается систем, с которыми мы соприкасаемся в нашей жизни, таких, как наше общество или различные организации, то мы «знаем» кое-что о явлениях, которые нами никогда точно не анализировались, и делаем выводы, которые нами никогда не были научно доказаны. Для любых событий не всегда возможно определить наиболее объективный подход.

Наконец, мы увидели нетрадиционную интерпретацию многих из наших основных знаний по мере поступления новой информации. Ньютоновская физика больше не пользуется статусом, имевшимся более двух веков, и даже теория относительности может подвергнуться ревизии в результате получения новых знаний. Научные знания динамичны и подвергнуты революционным изменениям [7], а старые теории заменяются или существенно модифицируются. Объективность соотносится со степенью знаний, которыми мы обладаем. Отсюда следует, что наше видение реального мира в большей степени является вопросом культуры понимания и интерпретации. В последние годы ученые исследуют серьезные процессы познания, которые отклоняются от норм классической науки. Ле Шан и Маргенау в замечательной книге [8] сравнивают теорию относительности с небом Ван Гога, считая их выдающимися произведениями воображения и культуры, а не проникновением в «абсолютную истину». До сих пор многие современные ученые стремятся освободиться от знаний, основанных на «личном мнении», а не полу-



ченных посредством научного подхода, опирающегося на правила и процедуры.

Обратим внимание на тот факт, что научные методы не всегда хорошо приспособляются к человеческим делам. В исследовании операций и науке об управлении разработано много моделей и методов, механистически применяемых для решения проблемы сложности. Самые большие неудачи этих наук — в человеческой сфере обучения и адаптации, политике и разрешении конфликтов. Классическое решение проблемы означает, что решение проблемы существует заранее или — еще лучше — оно четко очерчено. В результате генерируются исходные данные для использования в модели прежде, чем реально возникнет сама проблема. Однако ни одна проблема не встречается точно в таком виде, как люди пытаются ее предвидеть и осознать. Это особенно ощущается при изучении конфликтов. Можно пытаться предотвратить конфликты, но когда они случаются, нужна другая процедура для их нейтрализации или остановки. В реальной ситуации проблемы решаются (если они вообще могут быть решены), когда они случаются, и чем дольше развивается процесс, тем настоятельнее требуются корректирующие воздействия. В этом случае полученная информация о реакции системы имеет большую ценность и может потребоваться повторение воздействия с лучшим пониманием новой информации.

Всегда имеются сложные проблемы, решение которых слишком дорого или практически невозможно. Для таких проблем дешевле и проще перестроить систему, в которой они появляются. Для этого требуются, конечно, значительные вложения интеллектуальных и материальных ресурсов, а также политическая способность убедить людей принять сделанные изменения.

Системный подход был бы несколько лучше приспособлен для решения проблем, будь он лучше развит для совместного применения дедуктивного и индуктивного методов: первого — для понимания того, что вероятнее всего будет иметь место, а второго — для управления ситуациями таким образом, чтобы наиболее вероятный исход мог быть направлен в желаемую сторону. В следующей главе обратимся к исследованию систем.

## **Глава 2**

### **СИСТЕМЫ**

#### **2.1. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ**

Науки о планировании и управлении, включая экономику, анализ политики, деловое и общественное администрирование, исторически копировали свои методы и процедуры анализа из естественных наук, таких, как физика и химия, привлекая логический по-

зитивизм и редукционистскую логику в качестве наиболее рациональных подходов научного исследования. Логический позитивизм есть набор философских положений, которые утверждают, что существует «объективная» реальность, не зависящая и не искаженная нашими личными перспективами или субъективными интерпретациями мира. Например, позитивист будет утверждать, что одна из проблем нашего общества, такая, как потребление энергии, воспринимается одинаково одним и тем же или, по крайней мере, весьма похожим любым числом разных людей и что возможные решения появляются из консенсуса из-за ее воздействия на другие проблемы и из «фактов», какими они представляются. В предыдущей главе мы обнаружили, что факты относительно и многомерны, так как они могут быть интерпретированы по-разному. Обычно люди расходятся в своем восприятии фактов и проблем и в оценке значимости некоторых из них. Кроме того, каждая группа будет стараться придавать особое значение тому подходу к этим проблемам, который наиболее совместим с ее философией и методологией. Экономист, например, будет указывать на отношение эффективности к стоимости и утверждать определенный способ действий на основании того, что «цифры говорят сами за себя». Есть и такие, чей метод заключается в оспаривании любого специализированного аналитического подхода, способа интерпретации чисел и того, как получены данные и сделаны предположения.

Аналитическая дедукция и редукционистская логика утверждают, что объяснение целого наилучшим образом получается объяснением его частей. Редукционист обратится к сложной проблеме, разбив ее на составляющие элементы, и затем исследует каждый из них в отдельности. Следствием редукционизма является развитие специализированных дисциплин, каждая из которых имеет определенную сферу исследования и влияния. Множественность в подходах часто бывает результатом отсутствия междисциплинарной связи. В большинстве случаев ученые общаются в рамках своих дисциплин [11]. Они не понимают технический язык друг друга и не в состоянии единообразно оперировать с системными проблемами. Боулдинг [6] пишет:

«...физики говорят только с физиками, экономисты — с экономистами; хуже того, физики-атомщики говорят только с физиками-атомщиками, а эконометристы — с эконометристами. Хотелось бы знать, не измельчится ли наука в скопление разделенных стенами отшельников, каждый из которых бормочет самому себе слова на специальном языке, который может понять только он сам... Распространение специализированной глухоты означает, что кто-то, кому следует знать что-то, что знает еще кое-кто, не в состоянии понять никого другого из-за отсутствия «обобщенного слуха».

Вероятно, что редукционизм в социальных и поведенческих науках в значительной степени является результатом попыток соперничества со специализированными методами и техникой физических

наук. Редукционизм обеспечил концептуальную основу, средства и процедуры для идентификации и изучения важных факторов, входящих в определение проблемы. Но эти методы работают плохо, когда имеется много факторов или факторы взаимозависимы или неосвязаемы. Имеется тенденция использовать технику, которая позволяет единообразно рассматривать эти факторы. Например, люди часто применяют линейное программирование (иногда в экономическом прогнозировании) для нахождения наилучших решений в задачах, включающих не десятки или сотни, а тысячи переменных, предполагая, что все они просто линейны и аддитивны. Такой подход необязательно плох, за исключением того, что появляется иллюзии, будто теперь люди имеют ответы на свои вопросы. Однако проблемы остаются.

Индуктивный, или экспансионистский, взгляд на науку, который обобщает отдельные наблюдения, основан на философской точке зрения, что наше восприятие мира, методы анализа и синтеза относительно индивидуальностям, включенным в исследование, так как они проводят по существу отдельные исследования. Различные научные дисциплины являются необходимыми, но недостаточными базами, на основании которых мы формируем теории об опыте и знаниях. Вновь подчеркнем, что практики в этих дисциплинах подошли к проблемам методами, в наибольшей степени приспособленными к их вкусу, воспитанию и взгляду на мир. Мы нуждаемся в едином системном подходе, сочетающем индуктивный, или «экспансионистский», взгляд на науку с дедуктивным.

## **2.2. КАУЗАЛЬНОЕ ОБЪЯСНЕНИЕ — КАК РАБОТАЕТ РЕДУКЦИОНИЗМ**

Согласно Демокриту «необходимостью предопределено все, что было и что должно произойти», т. е. все вещи связаны вместе в монолитную каузальную логику.

В большинстве случаев наше мышление изобилует предположениями причинности. Это итог давней традиции обучения и исследования. В то время, как ученые в общественных науках давно избегают явных каузальных заключений, даже физические науки в настоящее время подвергают сомнению правомочность каузального пути объяснения. Каузальность разделилась в соответствии с типами, воспринимаемыми в качестве определяющих для различных следствий. В табл. 2.1 перечислены эти причины, даны их интерпретация, иллюстрирующие примеры и описан их нынешний статус.

Все утверждения общего характера получаются индуктивными рассуждениями некоторого рода. Мы проводим наблюдения за несколькими (количество не имеет значения) отдельными реализациями явления и постулируем, что наблюдение остается в силе для всех реализаций явления. Мы говорим, что все люди смертны, однако нам достаточно лишь то, что люди, которых мы знаем, — смертны. Поэтому не может быть абсолютной уверенности в обоб-

Таблица 2.1

Причины	Интерпретация	Пример	Нынешний статус
Формальная причина	Идея, реализованная в формальном процессе	Происхождение идеи рисунка не поддается каузальному объяснению	Дальнейшее рассмотрение не обосновано
Материальная причина	Сущность подвергается изменению	Рисунок и холст необходимы, но недостаточны	То же
Эффективная причина	Внешнее побуждение, мотивирующая сила	Попытка художника — творческий акт	Все еще является предметом заботы науки
Конечная причина	Цель, которую нужно достичь	Назначение, которому она служит, ее красота	В настоящее время называется назначением

щенных выводах. Тем не менее правомочность альтернатив дедуктивного рассуждения о реальном мире в настоящее время также находится под пристальным вниманием.

В науке ясные и определенные причины отвергаются и события принимаются как частные случаи. Наблюдения, называемые прошлым состоянием системы, вместе с законами природы заключают в себе будущее состояние. В физике для описания систем используются дифференциальные уравнения, решения которых содержат некоторые константы, определяемые начальными условиями, такими, как настоящее состояние и скорость его изменения, вычисленная как разность между настоящим и предыдущим положением во времени. В макромире прошлое и настоящее определяют будущее. В микромире в соответствии с принципом Гейзенберга невозможно определить положение электрона, так как процесс наблюдения изменяет это положение. Следовательно, невозможно определить настоящее с достаточной точностью, чтобы предсказать будущее. Для более или менее удовлетворительного предсказания будущего вводится вероятностное понятие состояния системы; на этом уровне мышления от традиционного детерминистского понятия каузальности отказываются. Более того, вероятностная концепция повсеместно считается более адекватной, чем детерминистская, так как имеется возможность рационально описать последнюю в терминах вероятностной концепции, показав, что все измерения подвержены ошибкам. Используемые в предсказаниях ньютоновского типа величины получаются из измерений, проведенных несколько раз, с выбором значения, которое появляется с наибольшей частотой. В физике каузальность может быть интерпретирована вероятно. Однако все еще существуют люди, которые считают, что когда-нибудь мы сможем отказаться от этой интерпретации.

Мы говорим о настоящем, предопределяющем будущее. А как насчет будущего, предопределяющего настоящее? Эта идея не имеет приверженцев в физике. Однако в общественных и поведенческих науках некоторые ученые отстаивают точку зрения, что будущая цель, в которую верят люди, может оказать влияние на их действия в настоящем.

Наибольшей критике, направленной против индуктивного и дедуктивного мышления, подвергается то, что отдельно взятые они недостаточны и непригодны к работе со сложностью.

Надежда заключается в синтезе обоих образов мышления и в последующем привлечении интуитивных подходов, таких, как вдохновение или образные типы мышления.

### 2.3. ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ ТЕОРИИ СИСТЕМЫ

Понятие системы, определенной как «совокупность взаимодействующих частей», впервые было отчетливо высказано биологом Людвигом фон Берталанфи. Его идеи были представлены в 30-х годах этого столетия в устной форме в серии лекций и далее, следуя либерализации интеллектуального климата, во многих других публикациях после второй мировой войны [2,4].

Берталанфи сформулировал теорию *открытых систем*, которая описывает процесс обмена между живым организмом и окружающей его средой. В отличие от замкнутых систем, которые достигают состояния равновесия, характеризуемого максимальной энтропией, или хаосом, и минимальным использованием свободной энергии, открытые системы достигают устойчивого состояния непрерывным потоком веществ между организмом и окружающей средой. Использование свободной энергии организмом производит отрицательную энтропию и определяет рост и устойчивость. Далее эти идеи обсуждаются более детально.

Теория открытых систем вначале применялась в науке о жизни, а именно в биологии организмов и физиологии, затем в психологии, социологии, антропологии, экономике и теории организаций.

В то время как явное выражение этих концепций приписывается Берталанфи, ученые из других областей науки одновременно развивали подобные понятия. Встреча этих ученых в 1954 г. привела к основанию Общества по исследованию в области общей теории систем. Главной целью этого общества было исследование изоморфизмов или подобия в концепциях, законах и моделях в различных областях знаний, и перенос этих концепций из одной области в другую.

При оценке тенденций в общей теории систем Берталанфи выделяет три главных аспекта [3, с. 157—169]. Первый, определяемый как *наука о системах*, исследует эмпирическим образом приложения системных концепций в физических, поведенческих и общественных науках. Заостряется внимание на научном исследовании

целого и целостности в противовес поэлементному, редукционистскому подходу, который ранее доминировал во многих научных идеях и способах исследования. В науке о системах сделаны попытки оценить уровни сложности и способы взаимодействий и взаимоотношений между компонентами анализируемой системы. Наука о системах широко использует математические модели, так же как кибернетика и теория сетей, для определения подобия и изоморфизмов в различных видах систем.

Второй аспект теории систем — *системная технология* — заостряет внимание на проблемах, возникающих в промышленности и обществе, которые можно исследовать посредством приложений теории систем. В таких областях, как системный анализ, наука об управлении, исследование операций, информатика и промышленная инженерия, концепции теории систем переводятся в операционные термины при поиске практических решений в конкретных проблемах.

Наконец, *системная философия* имеет отношение к переориентации мыслей и мировоззрений, что приводит к классификации системы как новой и потенциально полезной парадигмы. Системная философия пытается концептуализировать взаимозависимость и взаимосвязи теорий, сформулированных в рамках различных сфер научных исследований. Это — попытка объединить разделы традиционной науки в рамках философских концепций общих систем.

Системная философия предоставляет эвристические гипотезы для формулирования более конкретных научных теорий. Она поясняет мировоззрение, воспринимаемое специалистами по теории систем при формулировке проблем и постановке релевантных вопросов, касающихся воспринимаемых состояний.

Ласло [10] предлагает четыре центральные идеи системной философии, которые используются при формулировании согласованной концепции системы:

*Упорядоченная целостность.* Упорядоченная целостность относится к характеристикам системы, а не ее отдельных компонент. Так как целостность есть результат динамического взаимодействия составных элементов, система представляет собой несколько *иное*, чем просто сумма ее отдельных компонент. Поведение системы не может быть предсказано на основании наблюдения за ее изолированными частями.

*Самостабилизация.* Самостабилизирующаяся система достигает динамического баланса между ее внутренними, фиксированными ограничениями и внешними силами окружающей среды, которые пытаются возмутить ее устойчивое состояние. Когда системы приспособляются к потоку возмущений из внешней среды, они ведут себя самостабилизирующим образом.

*Самоорганизация.* Самоорганизующаяся система представляет собой более замечательный и усложненный пример приспособления к среде, чем самостабилизирующаяся система. Самоорганизующаяся

ся система в состоянии реорганизовать свои внутренние ограничения, а не просто приспособиться к потоку возмущений, идущему из внешней среды; самоорганизация выражается в новых устойчивых состояниях, которые более стойки к возмущениям, чем предыдущие. Самостабилизирующиеся системы *выживают* в средах, в которых возмущения находятся в пределах диапазона их корректирующих действий; самоорганизующиеся системы *эволюционируют* в более сложные и более жизнеспособные системы.

*Иерархизация.* Иерархия возникает, когда системы, которые функционируют как целое на одном уровне, функционируют как части системы более высокого уровня, становясь *подсистемами* этой системы.

Развитие в различных дисциплинах характеризует прогресс в научном мышлении, которое движется от рассмотрения индивидуальных элементов к рассмотрению целого и взаимозависимостей. Результатом попыток управлять сложностью является *кибернетика* — наука о связи и управлении, занимающаяся системами обработки информации, такими, как нервные сети у животных, сервомеханизмы для автоматического управления машин и электронные вычислительные машины. Целью исследований является определение общих характеристик для таких систем. Кибернетика частично перекрывает области других наук, включая нейрофизиологию, информатику, теорию информации, социологию, и разделяет с общей теорией систем интерес к целому и взаимозависимости — в противоположность редукционистскому анализу функций обработки информации [13].

Другим подходом к решению проблем сложности, который развился во время второй мировой войны, является *исследование операций*. Здесь имеется ряд теоретических моделей, которые могут отличаться от фактически исследуемых систем, однако бывают полезны для получения решений, поскольку ограничивают проблему в рамках определенных параметров. Для построения количественных моделей, применяемых для приближения к реальной ситуации, в исследовании операций широко используется теория вероятностей [7].

Наконец, имеется новый подход к проблеме сложности — *искусственный интеллект*, который позволяет надеяться, что со временем компьютеры будут самопрограммируемы.

## 2.4. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ТЕОРИИ СИСТЕМ

Людам, которые только ознакомились с теорией систем, может показаться, что она может стать унифицирующей наукой. Однако при более глубоком ознакомлении с ее методами и приложениями можно обнаружить, что существующие разработки по теории систем не представляют панацею от разнообразных проблем, стоящих

перед человечеством. Обладает ли тогда системный подход определенным потенциалом?

Несмотря на философскую привлекательность взгляда на проблему со многих точек зрения, решение любой задачи в конце концов следует определенному плану с определенной линией поведения. Поэтому трудно спорить с редукционизмом, не предлагая лучшей альтернативы. Прагматическое системное исследование синтезирует редукционизм и экспансионизм, во-первых, концептуализируя проблемы в терминах их системных характеристик, и, во-вторых, идентифицируя те компоненты, которые в наибольшей степени влияют на систему. Другими словами, системный подход должен заимствовать наши врожденные способности декомпозировать сложные события на составные элементы, одновременно концептуализируя и идентифицируя отношения меняющейся интенсивности взаимодействия, характеризующий уровень взаимосвязи между элементами системы. Однако теория систем до сих пор критикуется за отсутствие жизнеспособной методологии.

Несмотря на недостатки, теория систем предоставила концептуальную основу для построения новой методологии, которая позволяет нам описывать систему и ее проблемы в терминах взаимосвязанной иерархии. Эта методология также предлагает средства для установления упорядочения приоритетов и измерения интенсивности взаимодействия компонент, описывающих структуру системы иерархии. Эта методология учитывает роль человеческого элемента в сложных социальных и организационных системах и примиряет многочисленные и противоречивые устремления, имеющиеся у людей, чьи интересы затрагивает поведение системы.

## **Глава 3**

### **МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

#### **3.1. ВВЕДЕНИЕ**

Метод анализа иерархий является систематической процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений лица, принимающего решение (ЛПР), по парным сравнениям. В результате может быть выражена относительная степень (интенсивность) взаимодействия элементов в иерархии. Эти суждения затем выражаются численно. Метод анализа иерархии включает процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений. Полезно отметить, что полученные таким образом значения являются оценками в шкале отношений и соответствуют так называемым жестким оценкам.



Решение проблемы есть процесс поэтапного установления приоритетов. На первом этапе выявляются наиболее важные элементы проблемы, на втором — наилучший способ проверки наблюдений, испытания и оценки элементов; следующим этапом может быть выработка способа применения решения и оценка его качества. Весь процесс подвергается проверке и переосмысливанию до тех пор, пока не будет уверенности, что процесс охватил все важные характеристики, необходимые для представления и решения проблемы. Процесс может быть проведен над последовательностью иерархий: в этом случае результаты, полученные в одной из них, используются в качестве входных данных при изучении следующей. Предложенный метод систематизирует процесс решения такой многоступенчатой задачи.

Наконец, если допустить, что интуиция и субъективные оценки являются основным исходным материалом, на основании которого индивидум получает ясное представление о своих творческих возможностях, то суждение о превосходстве одного элемента над другим и интенсивность этих суждений можно использовать для выражения внутренних чувств и склонностей. Суждения расширяют рамки общения, укрупняя кластеры и элементы, имеющиеся в иерархии по определенной проблеме.

Такой подход к решению проблемы выбора исходит из естественной способности людей думать логически и творчески, определять события и устанавливать отношения между ними. Отметим, что человеку присущи два характерных признака аналитического мышления: один — умение наблюдать и анализировать наблюдения; другой — способность устанавливать отношения между наблюдениями, оценивая уровень взаимосвязей между отношениями, а затем синтезировать эти отношения в общее восприятие наблюдаемого. Вышеперечисленное дает представление о принципе *идентичности и декомпозиции*, принципах *дискриминации, сравнительного суждения и синтеза*.

В этой главе кратко изложен МАИ и на примерах проиллюстрировано его использование. Кроме того, рассмотрены вопросы согласованности иерархий и зависимости между ее элементами. Детально метод анализа иерархий описан в [12], а его приложения в различных реальных системах проиллюстрированы в [13].

### 3.2. ПРИНЦИП ИДЕНТИЧНОСТИ И ДЕКОМПОЗИЦИИ

Принцип идентичности и декомпозиции предусматривает структурирование проблем в виде иерархии или сети, что является первым этапом применения МАИ. В наиболее элементарном виде иерархия строится с вершины (целей — с точки зрения управления), через промежуточные уровни (критерии, от которых зависят последующие уровни) к самому низкому уровню (который обычно является перечнем альтернатив).

Существует несколько видов иерархий. Самые простые — *доминантные* иерархии, которые похожи на перевернутое дерево с основой в вершине. *Холлархии* — это по существу доминантные иерархии с обратной связью. *Китайский ящик* (или модулярные иерархии) растет в размерах от простейших элементов или компонент (внутренние ящики) ко все более крупным совокупностям (внешние ящики). В биологии интерес представляют неогенетические иерархии, в которых новые верхние уровни возникают последовательно в течение эволюции. Мы сконцентрируем внимание на доминантных иерархиях, хотя теория, описанная ниже, распространяется и на другие иерархические формы.

Иерархия считается полной, если каждый элемент заданного уровня функционирует как критерий для *всех* элементов нижестоящего уровня (см. рис. 3.1). В противном случае иерархия — неполная. Нетрудно понять процесс определения весов в случае неполной иерархии, так как используются приоритеты соответствующего элемента, по отношению к которому производится оценка, т. е. иерархия может быть разделена на подиерархии, имеющие общий самый верхний элемент.

Простой пример, который используется в большей части этой главы для объяснения МАИ, наилучшим образом иллюстрирует иерархическое представление задачи. Далее рассматриваются более сложные примеры, иллюстрирующие спектр приложений, в которых может быть применен МАИ.

Семья среднего достатка решила купить дом. В результате обсуждения удалось определить восемь критериев, которым, как казалось, должен удовлетворять дом. Эти критерии можно разбить на три кластера: экономический, географический и физический. Хотя можно было начать с исследования сравнительной важности кластеров, члены семьи чувствовали, что им хочется определять сравнительную важность всех факторов, не имея дела с кластерами. Задача заключалась в выборе одного из трех домов-кандидатов. Первый шаг состоит в декомпозиции и представлении задачи в иерархической форме. На первом (высшем) уровне находится об-

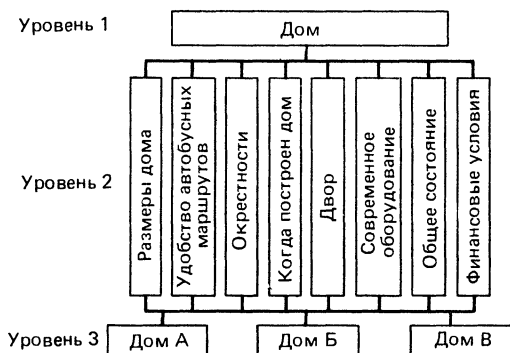


Рис. 3.1. Декомпозиция задачи в иерархию

шая цель — «Дом». На втором уровне находятся восемь факторов или критериев, уточняющих цель, и на третьем (нижнем) уровне находятся три дома-кандидата, которые должны быть оценены по отношению к критериям второго уровня. Далее следует определение критериев и графическое представление иерархии.

У членов семьи были следующие критерии:

1. *Размеры дома*: емкость хранилищ; размеры комнат; число комнат; общая площадь дома.

2. *Удобство автобусных маршрутов*: близкая автобусная стоянка.

3. *Окрестности*: интенсивность движения транспорта; безопасность; хороший вид; низкие налоги; ухоженные окрестности.

4. *Когда построен дом*: не нуждается в объяснении.

5. *Двор*: включает пространство перед домом, сзади, сбоку, а также расстояние до соседей.

6. *Современное оборудование*: посудомоечная машина; удаление мусора; кондиционирование воздуха; система сигнализации и другие подобные устройства, имеющиеся в доме.

7. *Общее состояние*: потребность в ремонте; стены, ковер, драпировки, чистота; электропроводка; крыша; водопроводная система.

8. *Финансовые условия*: допускаемая закладная, условия продажи и банковский кредит.

Такая форма нисходящей декомпозиции может быть легко использована для задач широкого класса. К тому же несложная модификация с включением петель обратной связи охватит еще более широкий класс задач.

Закон иерархической непрерывности требует, чтобы элементы нижнего уровня иерархии были сравнимы попарно по отношению к элементам следующего уровня и т. д. вплоть до вершины иерархии.

Например, надо получить имеющие смысл ответы на вопросы такого типа: «Насколько дом А лучше дома Б или В по критерию окрестности?» или «Насколько по отношению к основной цели размеры дома важнее расположения к автобусным маршрутам?» и т. д. Когда есть сомнения относительно того, какие уровни ввести в иерархию, закон иерархической непрерывности обеспечивает связь. Целью построений является получение приоритетов элементов на последнем уровне, наилучшим образом отражающих относительное воздействие на вершину иерархии.

Важно отметить, что МАИ требует структурирования проблемы участниками в процессе решения; в этом простом примере члены семьи составляют иерархию в соответствии с их потребностями, пониманием ограничений (например, денежных средств) и существующими вариантами выбора. Этот этап требует обсуждения, чтобы быть уверенными, что критерии и альтернативы отражают весь диапазон предпочтений и восприятия участников. Необяза-

тельно, чтобы все участники в процессе планирования пришли к согласию по всем компонентам проблемы.

Например, в рассматриваемой задаче критерий, касающийся площади двора, включен в общее описание проблемы, хотя только один из членов семьи считал его существенным. Участники процесса позже смогут выразить свои предпочтения относительно критериев и альтернатив. Поэтому аргументы, которые они приводят для обоснования своих предпочтений, могут «утонуть или всплыть». Иначе говоря, не нужно чувствовать стесненности при начальном иерархическом описании задачи. Тем не менее решающим является согласие участников процесса планирования по высшему уровню иерархии — цели, или вершине проблемы, поскольку это предопределяет характер их последующих суждений.

Определение цели может потребовать длительных предварительных рассуждений и переговоров. Например, члены семьи первоначально пришли к заключению, что их система нуждается в фундаментальном изменении (покупка другого дома вместо модификации старого), что включает оценку потребностей семьи, прогноз о росте семьи, прогноз изменения характеристик окружающей среды и конъюнктуры, например увеличивающейся коммерциализации, которая может снизить цену их дома.

### 3.3. ПРИНЦИП ДИСКРИМИНАЦИИ И СРАВНИТЕЛЬНЫХ СУЖДЕНИЙ

После иерархического или сетевого воспроизведения проблемы возникает вопрос: как установить приоритеты критериев и оценить каждую из альтернатив по критериям, выявив самую важную из них?

#### А. ПАРНЫЕ СРАВНЕНИЯ

В МАИ элементы задачи сравниваются попарно по отношению к их воздействию («весу», или «интенсивности») на общую для них характеристику. Проведем парные сравнения, приводящие к матричной форме — квадратной таблице, в которой числа могут быть расположены следующим образом:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 0 & 2 \\ 3 & 1 & 4 & 7 \\ 2 & 6 & 1 & 9 \end{pmatrix}.$$

Скобки, в которые заключена матрица размерностью  $4 \times 4$  используются для обозначения стандартной формы матрицы.

Сравнивая набор составляющих проблемы друг с другом, получаем следующую квадратную матрицу:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}.$$

Очевидно, что эта матрица имеет свойства обратной симметричности, т. е.

$$a_{ji} = 1/a_{ij},$$

где индексы  $i$  и  $j$  относятся к строке и столбцу соответственно.

Позже будет объяснена важность появления обратных чисел.

Пусть  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  — множество из  $n$  элементов и  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  — соответственно их веса, или интенсивности. С использованием МАИ сравним вес, или интенсивность, каждого элемента с весом, или интенсивностью, любого другого элемента множества по отношению к общему для них свойству или цели. Сравнение весов можно представить следующим образом:

	$A_1$	$A_2$	$A_3 \dots A_n$	
$A_1$	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_3} \dots \frac{w_1}{w_n}$	Это одна строка — “вектор” этой матрицы (строка № 1). Ее элементы называются компонентами.
	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3} \dots \frac{w_n}{w_n}$	
$A_2$	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3} \dots \frac{w_2}{w_n}$	
$A_3$	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3} \dots \frac{w_3}{w_n}$	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
$A_n$	$\frac{w_n}{w_1}$	$\frac{w_n}{w_2}$	$\frac{w_n}{w_3} \dots \frac{w_n}{w_n}$	
	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3} \dots \frac{w_n}{w_n}$	Это один столбец этой матрицы (столбец № 2). Он также известен как “вектор” матрицы.

Отметим, что матрица может состоять только из одной строки или одного столбца, которые называются векторами.

Квадратная матрица имеет равное число строк и столбцов, а также другие полезные характеристики, такие, как собственные векторы и собственные значения. Об этих понятиях мы будем говорить в дальнейшем, когда попытаемся «решить» квадратную обратносимметричную матрицу. Смысл таких вычислений заключается в том, что они определяют способ количественного определения сравнительной важности факторов или результатов

в проблемной ситуации. На факторах с наибольшими величинами важности будет сконцентрировано внимание при решении проблемы или разработке плана действия.

Важно понять, что если  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  неизвестны заранее, то попарные сравнения элементов производятся с использованием субъективных суждений, численно оцениваемых по шкале (которая будет описана позже), а затем решается проблема нахождения компонент  $w$ .

Когда проблемы представлены иерархически, матрица составляется для сравнения относительной важности критериев на втором уровне по отношению к общей цели на первом уровне. Подобные матрицы должны быть построены для парных сравнений каждой альтернативы на третьем уровне по отношению к критериям второго уровня. Матрица составляется, если записать сравниваемую цель (или критерий) сверху и перечислить сравниваемые элементы слева и сверху. В примере, связанном с покупкой нового дома, потребуется девять таких матриц, одна для второго уровня иерархии и восемь — для третьего уровня. Эти матрицы представлены в табл. 3.1 и 3.2.

Отметим, что клетки этих матриц не заполнены; они оставлены для оценок или суждений об относительной важности сравниваемых отдельных предметов по отношению к цели, или критерию, обозначенному сверху. Если существует шкала сравнений, т. е. имеется некоторый способ измерения, то данные могут использоваться для проведения сравнений; иначе клетки заполняются оценками,

Таблица 3.1

**Покупка дома: матрица попарных сравнений для уровня 2**

Общее удовлетворение домом	Размеры дома	Удобство автобусных маршрутов	Окрестности	Когда построен дом	Двор	Современное оборудование	Общее состояние	Финансовые условия
Размеры дома								
Удобство автобусных маршрутов								
Окрестности								
Когда построен дом								
Двор								
Современное оборудование								
Общее состояние								
Финансовые условия								

Таблица 3.2

## Покупка дома: матрицы попарных сравнений для уровня 3

Размеры дома	А    Б    В	Удобство автобусных маршрутов	А    Б    В
А		А	
Б		Б	
В		В	
Окрестности	А    Б    В	Когда построен дом	А    Б    В
А		А	
Б		Б	
В		В	
Двор	А    Б    В	Современное оборудование	А    Б    В
А		А	
Б		Б	
В		В	
Общее состояние	А    Б    В	Финансовые условия	А    Б    В
А		А	
Б		Б	
В		В	

полученными в результате субъективных, но продуманных суждений индивидуума или группы, решающей проблему. Шкала для измерения таких суждений будет приведена далее.

## Б. ПОТРЕБНОСТЬ В ШКАЛЕ СРАВНЕНИЯ

Возникают ситуации, когда основная шкала задачи существует, и суждения в этом случае выражаются как отношения на ней. Например, если сравниваются относительные веса камней и имеют-ся камни А весом  $W_A$  и Б весом  $W_B$ , то в качестве отношения камня А к камню Б в матрицу вводится отношение  $W_A/W_B$ . Обратная величина —  $W_B/W_A$  вводится в матрицу в качестве отношения камня Б к камню А.

Мы начинаем с левого элемента матрицы и задаем вопрос: насколько он важнее, чем элемент вверху? При сравнении элемента с самим собой отношение равно единице. Если первый элемент важнее, чем второй, то используется целое число из шкалы, которая будет дана позднее, в противном случае используется обратная величина. В любом случае обратные друг к другу отношения заносятся в симметричные позиции матрицы. Поэтому мы всегда имеем дело с положительными обратносимметричными матрицами, и необходимо произвести только  $n(n-1)/2$  суждений, где  $n$  — об-

щее число сравниваемых элементов. Мы не предполагаем, что суждения людей полностью согласованы и не принуждаем их согласовывать суждения, исключая требования обратной симметричности. Можно построить матрицу и с меньшим чем  $n(n-1)/2$  числом суждений, полученных от различных людей.

У читателя может возникнуть справедливое сомнение, что сравнение относительных весов камней сильно отличается от сравнения относительной важности критериев, таких, как окрестности или общее состояние дома, которые в нашем примере рассматривали члены семьи. При некоторых сравнениях можно использовать единицы измерения, такие, как доллар, фунт, миля или секунда. Но как быть с социальными, политическими или эмоциональными факторами, сравнение относительной важности которых не может быть проведено в рамках физических измерений?

Допустим, что не существует шкалы, по которой сравниваются относительные веса камней. Мы, возможно, взяли бы два камня в руки, один — в левую, а другой — в правую, и попытались бы оценить «на глазок» их относительные веса (можно было бы поднимать их поочередно одной рукой, чтобы избежать обмана ощущений, вызванного тем, что одна рука сильнее другой). На основе таких «экспериментов» мы бы не смогли утверждать, что камень А точно на три фунта тяжелее камня Б, однако смогли бы сказать, что камень А «слегка тяжелее», «намного тяжелее» и т. д. Аналогично, сравнивая относительную важность неосязаемых или количественно не определяемых факторов, таких, как окрестности или общее состояние дома, не следует впадать в уныние из-за того, что у нас нет физических или объективных единиц их измерения. Вполне обоснованно можно было бы утверждать, что окрестности «слегка важнее», чем общее состояние, «гораздо важнее» и т. д., в зависимости от наших вкусов и предпочтений. Таким образом, разница между сравнением физических объектов и неосязаемых чувств не так велика, как может показаться вначале.

#### В. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ШКАЛА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВАЖНОСТИ

Для проведения субъективных парных сравнений разработана шкала, описанная в табл. 3.3. Эта шкала оказалась эффективной не только во многих приложениях, ее правомочность доказана теоретически при сравнении со многими другими шкалами. Ее эффективность будет показана в следующем разделе, после изучения методов интерпретации численных результатов, получаемых с ее помощью.

Сначала не мешает повторить этапы МАИ, которые обсуждались до сих пор. Во-первых, стоящую перед людьми или организацией проблему изобразим в виде иерархии. Затем элементы на втором уровне иерархии расположим в матрице для того, чтобы установить характер суждения изучающих проблему людей о



Таблица 3.3

## Шкала относительной важности

Интенсивность относительной важности	Определение	Объяснения
1	Равная важность	Равный вклад двух видов деятельности в цель
3	Умеренное превосходство одного над другим	Опыт и суждения дают легкое превосходство одному виду деятельности над другим
5	Существенное или сильное превосходство	Опыт и суждения дают сильное превосходство одному виду деятельности над другим
7	Значительное превосходство	Одному виду деятельности дается настолько сильное превосходство, что оно становится практически значительным
9	Очень сильное превосходство	Очевидность превосходства одного вида деятельности над другим подтверждается наиболее сильно
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями	Применяются в компромиссном случае
Обратные величины приведенных выше чисел	Если при сравнении одного вида деятельности с другим получено одно из вышеуказанных чисел (например 3), то при сравнении второго вида деятельности с первым получим обратную величину (т. е. 1/3)	

сравнительной важности элементов по отношению к общей цели.

Для каждого последующего уровня иерархии строятся дополнительные матрицы. Для примера с покупкой дома вопросы, которые следует задавать при сравнении двух критериев на втором уровне, будут такого рода: который из двух сравниваемых критериев считается более важным для членов семьи, покупающей дом, и насколько он более важен именно по отношению к цели «Дом»? Аналогично на третьем уровне следует спросить: какой из сравниваемых домов более желателен для членов семьи и насколько он более желателен по отношению к определенному критерию (например, окрестностям) второго уровня, по которому производится сравнение?

Чтобы заострить внимание читателя, вновь отметим, что по соглашению сравнивается относительная важность левых элементов матрицы с элементами наверху. Поэтому если элемент слева важнее, чем элемент наверху, то в клетку заносится положительное целое (от 1 до 9); в противном случае — обратное число (дробь). Относительная важность любого элемента, сравниваемого с самим

собой, равна 1; поэтому диагональ матрицы (элементы от левого верхнего угла до нижнего правого) содержит только единицы. Наконец, обратными величинами заполняют симметричные клетки, т. е. если элемент А воспринимается как «слегка более важный» (3 на шкале) относительно элемента Б, то считаем, что элемент Б «слегка менее важен» ( $1/3$  на шкале) относительно элемента А.

#### Г. КАКИЕ ЗАДАВАТЬ ВОПРОСЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СРАВНЕНИЙ?

Наш опыт показал, что при проведении попарных сравнений в основном ставятся следующие вопросы. При сравнении элементов А и Б:

какой из них важнее или имеет большее воздействие?

какой из них более вероятен?

какой из них предпочтительнее?

Для большинства различных приложений, которые мы провели, все задаваемые вопросы попадали в одну из этих трех категорий. При сравнении критериев обычно спрашивают, какой из критериев более важен; при сравнении альтернатив по отношению к критерию — какая из альтернатив более желательна; при сравнении сценариев, получаемых из критерия, — какой из сценариев более вероятен.

#### Д. ИЛЛЮСТРАЦИЯ СУБЪЕКТИВНЫХ СУЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШКАЛЫ

Вернемся к семье, покупающей дом, и рассмотрим матрицу (табл. 3.4), которая представляет второй уровень иерархии. Отметим, что клетки матрицы заполнены в соответствии с субъективными суждениями членов семьи на основании их предпочтений, восприятия ограничений, возможностей, с использованием шкалы от 1 до 9. Например, на вопрос: какова важность размеров относительно удобства автобусных маршрутов по отношению к общей цели? Члены семьи пришли к соглашению, что размеры существенно важнее, и поэтому они внесли 5 в соответствующую клетку матрицы;  $1/5$  автоматически заносится в симметричную относительно диагонали клетку, что соответствует противоположному сравнению. Для большей ясности эти оценки помечены черточками (см. табл. 3.4).

Когда в дискуссии участвует несколько человек, по многим суждениям часто происходят споры и людям предлагается подтвердить свои суждения всевозможными доводами, суть которых определяется информацией, которой они располагают. В таких случаях обсуждение обычно сосредоточивается на допущениях, из которых следуют суждения, а не на самих суждениях. Иногда группа принимает геометрическое среднее разных оценок в качестве общей для обратносимметричных суждений. Если имеются значительные

Таблица 3.4

**Покупка дома: матрица попарных сравнений для уровня 2 (заполненная)**

Общее удовлетворение домом	Размеры дома	Удобство автобусных маршрутов	Окрестности	Когда построен дом	Двор	Современное оборудование	Общее состояние	Финансовые условия
Размеры дома	1	<u>5</u>	3	7	6	6	1/3	1/4
Удобство автобусных маршрутов	<u>1/5</u>	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7
Окрестности	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5
Когда построен дом	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8
Двор	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6
Современное оборудование	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6
Общее состояние	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2
Финансовые условия	4	7	5	8	6	6	2	1

расхождения, различные мнения могут быть сгруппированы и использованы для получения ответов. Те суждения в группе, в которых последовательно обнаруживается наибольшая согласованность, обычно получают всеобщую поддержку.

Метод анализа иерархий охватывает одинаково как факторы, по которым возможно проведение определенных измерений, так и неосязаемые факторы, по которым требуются суждения. В конечном счете обнаруживается, что так называемые «твердые» оценки не имеют значения сами по себе, отдельно от их утилитарной интерпретации

Следует внимательно проверить возможную взаимозависимость критериев, например, таких, как состояние и время постройки дома, чтобы избежать ощутимых перекрытий. Поэтому суждения о сравнительной важности таких вещей, как состояние и время постройки дома, должны производиться настолько независимо, насколько возможно.

Теперь перейдем к парным сравнениям элементов на нижнем уровне (табл. 3.5). Сравнимые попарно элементы — это возможные варианты выбора дома. Сравняется, насколько более желателен или хорош тот или иной дом для удовлетворения каждого критерия второго уровня. Получаем восемь матриц суждений размерностью  $3 \times 3$ , поскольку имеется восемь критериев на втором уровне и три дома, которые попарно сравниваются по каждому из критериев. Матрицы вновь содержат суждения членов семьи. Для того чтобы понять суждения, дадим краткое описание домов.

Таблица 3.5

**Покупка дома: матрицы попарных сравнений для уровня 3 (заполненные)**

Размеры дома	А    Б    В	Удобство автобусных маршрутов	А    Б    В
А	1    6    8	А	1    7    1/5
Б	1/6   1    4	Б	1/7   1    1/8
В	1/8   1/4   1	В	5    8    1
Окрестности	А    Б    В	Когда построен дом	А    Б    В
А	1    8    6	А	1    1    1
Б	1/8   1    1/4	Б	1    1    1
В	1/6   4    1	В	1    1    1
Двор	А    Б    В	Современное оборудование	А    Б    В
А	1    5    4	А	1    8    6
Б	1/5   1    1/3	Б	1/8   1    1/5
В	1/4   3    1	В	1/6   5    1
Общее состояние	А    Б    В	Финансовые условия	А    Б    В
А	2    1/2   1/2	А	1    1/7   1/5
Б	2    1    1	Б	7    1    3
В	2    1    1	В	5    1/3   1

*Дом А.* Это — самый большой дом, вокруг хорошие окрестности, неинтенсивное движение транспорта, налоги на дом невелики. Двор больше, чем у домов Б и В. Тем не менее общее состояние не очень хорошее, нужна основательная починка и проведение малярных работ. Из-за того что дом финансируется банком с высокой процентной ставкой, финансовые условия можно считать неудовлетворительными.

*Дом Б.* Этот дом немножко меньше дома А, расположен далеко от автобусных остановок, вокруг интенсивное движение транспорта. Дом довольно мал, и в нем отсутствуют основные современные удобства. С другой стороны, общее состояние очень хорошее. Кроме того, на дом можно получить закладную с довольно низкой процентной ставкой; это означает, что финансовые условия вполне удовлетворительны.

*Дом В.* Этот дом очень маленький, и в нем нет современных удобств. В окрестности — высокие налоги, но дом в хорошем состоянии и представляется безопасным. Двор больше, чем у дома Б, однако несравненно меньше обширного пространства вокруг дома А. Общее состояние дома — хорошее, и в нем красивые ковры и обои. Финансовые условия намного лучше, чем для дома А, но не так хороши, как для дома Б.

### 3.4. СИНТЕЗ ПРИОРИТЕТОВ

На этом этапе в нашем примере семья построила иерархию, составила матрицы и выразила субъективные парные суждения. Однако что все эти цифры означают и как они помогут определить тот дом, который следует купить? В этом разделе описывается, каким образом сочетаются иерархическая декомпозиция и шкала относительной важности для получения осмысленных подходов к многокритериальным проблемам планирования.

#### А. СИНТЕЗ: ЛОКАЛЬНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ

Из группы матриц парных сравнений мы формируем набор *локальных* приоритетов, которые выражают относительное влияние множества элементов на элемент примыкающего сверху уровня. Находим относительную силу, величину, ценность, желательность или вероятность каждого отдельного объекта через «решение» матриц, каждая из которых обладает обратносимметричными свойствами. Для этого нужно вычислить множество собственных векторов для каждой матрицы, а затем нормализовать результат к единице, получая тем самым вектор приоритетов.

Вычисление собственных векторов — не очень сложная задача, однако может потребовать довольно много времени. К счастью, имеются несложные пути получения хорошего приближения к приоритетам. Одним из наилучших путей является геометрическое среднее. Это можно сделать, перемножая элементы в каждой строке и извлекая корни  $n$ -й степени, где  $n$  — число элементов. Полученный таким образом столбец чисел нормализуется делением каждого числа на сумму всех чисел. Иной способ заключается в нормализации элементов каждого столбца матрицы и затем в усреднении каждой строки. Таким образом мы можем определить не только порядок приоритетов каждого отдельного элемента, но и величину его приоритета. Попросту говоря, если задано десять видов десерта на выбор, то имеется возможность не только расположить их в порядке нашего предпочтения, но и разрешить вопрос о сравнительной интенсивности нашего желания попробовать каждый из них.

Перечень других способов аппроксимации приоритетов дан в [12].

При использовании любого метода аппроксимации существует опасность изменения порядка ранжирования и поэтому получения нежелательных результатов. Подход, основанный на собственном векторе, использует информацию, которая содержится в любой, даже несогласованной матрице, и позволяет получать приоритеты, основанные на имеющейся информации, не производя арифметических преобразований данных. Для индивидуума или группы лиц идея заключается в том, чтобы решить, хотят они или нет изменить

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	
$A_1$	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_3}$	$\frac{w_1}{w_4}$	← Если $(w_1/w_1) \times (w_1/w_2) \times (w_1/w_3) \times (w_1/w_4)$ перемножаются и затем извлекается корень 4-й степени, то оценка первой компоненты главного собственного вектора получается из этой строки.
$A_2$	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3}$	$\frac{w_2}{w_4}$	
$A_3$	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3}$	$\frac{w_3}{w_4}$	← Если $(w_3/w_1) \times (w_3/w_2) \times (w_3/w_3) \times (w_3/w_4)$ перемножаются и затем извлекается корень 4-й степени, то оценка третьей компоненты главного собственного вектора получается из этой строки и т. д.
$A_4$	$\frac{w_4}{w_1}$	$\frac{w_4}{w_2}$	$\frac{w_4}{w_3}$	$\frac{w_4}{w_4}$	

$$\sqrt[4]{(w_1/w_1) \times (w_1/w_2) \times (w_1/w_3) \times (w_1/w_4)},$$
$$\sqrt[4]{(w_3/w_1) \times (w_3/w_2) \times (w_3/w_3) \times (w_3/w_4)}.$$

Матрица					Вычислите оценки компонент собственного вектора по строкам		Нормализуйте результаты для получения оценки вектора приоритетов	
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$				
$A_1$	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_3}$	$\frac{w_1}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_1}{w_1} \times \frac{w_1}{w_2} \times \frac{w_1}{w_3} \times \frac{w_1}{w_4}}$	$= a$		$\frac{a}{\text{Сумма}} = x_1$
						+		
$A_2$	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3}$	$\frac{w_2}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_2}{w_1} \times \frac{w_2}{w_2} \times \frac{w_2}{w_3} \times \frac{w_2}{w_4}}$	$= b$		$\frac{b}{\text{Сумма}} = x_2$
						+		
$A_3$	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3}$	$\frac{w_3}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_3}{w_1} \times \frac{w_3}{w_2} \times \frac{w_3}{w_3} \times \frac{w_3}{w_4}}$	$= c$		$\frac{c}{\text{Сумма}} = x_3$
						+		
$A_4$	$\frac{w_4}{w_1}$	$\frac{w_4}{w_2}$	$\frac{w_4}{w_3}$	$\frac{w_4}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_4}{w_1} \times \frac{w_4}{w_2} \times \frac{w_4}{w_3} \times \frac{w_4}{w_4}}$	$= d$		$\frac{d}{\text{Сумма}} = x_4$
						Сумма		

Умножение матрицы на вектор приоритетов производится следующим образом: умножаем первый элемент строки на первый элемент столбца  $x$ -в; второй элемент в строке на второй элемент столбца  $x$ -в, и т. д. Затем суммируем эти величины и получаем одно число для этой строки:

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \frac{w_1}{w_4} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \frac{w_2}{w_4} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} & \frac{w_3}{w_4} \\ \frac{w_4}{w_1} & \frac{w_4}{w_2} & \frac{w_4}{w_3} & \frac{w_4}{w_4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} x_1 + \frac{w_1}{w_2} x_2 + \frac{w_1}{w_3} x_3 + \frac{w_1}{w_4} x_4 = Y_1 \\ \frac{w_2}{w_1} x_1 + \frac{w_2}{w_2} x_2 + \frac{w_2}{w_3} x_3 + \frac{w_2}{w_4} x_4 = Y_2 \\ \frac{w_3}{w_1} x_1 + \frac{w_3}{w_2} x_2 + \frac{w_3}{w_3} x_3 + \frac{w_3}{w_4} x_4 = Y_3 \\ \frac{w_4}{w_1} x_1 + \frac{w_4}{w_2} x_2 + \frac{w_4}{w_3} x_3 + \frac{w_4}{w_4} x_4 = Y_4 \end{bmatrix}$$

Когда матрица имеет такой вид, получается, что в действительности  $x_1, x_2, x_3$  и  $x_4$  есть не что иное, как  $w_1, w_2, w_3$  и  $w_4$  соответственно. Из отношений  $w_i/w_j$  определим каждую компоненту  $w$ . Важно отметить, что в матрице суждений нет отношения в виде  $w_i/w_j$ , а имеются только целые числа или их обратные величины из шкалы. Эта матрица в общем случае несогласованна. Алгебраически задача в случае согласованности заключается в решении уравнения  $Aw = n\omega$ ,  $A = (w_i/w_j)$ , а общая задача с обратносимметричными суждениями заключается в решении уравнения  $A'\omega' = \lambda_{\max} \omega'$ ,  $A' = (a_{ij})$ , где  $\lambda_{\max}$  — наибольшее собственное значение матрицы суждений  $A$ .

## Б. СОГЛАСОВАННОСТЬ ЛОКАЛЬНЫХ ПРИОРИТЕТОВ

Весьма полезным побочным продуктом теории является так называемый индекс согласованности (ИС), который дает информацию о степени нарушения численной (кардинальной,  $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$ ) и транзитивной (порядковой) согласованности. Для улучшения согласованности можно рекомендовать поиск дополнительной информации и пересмотр данных, использованных при построении шкалы. В других процедурах построения шкал отношения нет структурно порожденного индекса. Как уже было отмечено, для выполнения условий согласованности в матрицах попарных сравнений используются обратные величины  $a_{ji} = 1/a_{ij}$  вместо традиционно используемых при построении интервальных шкал величин  $a_{ji} = -a_{ij}$ .

Все измерения, включая те, в которых используются приборы, подвержены погрешностям измерений, а также погрешностям из-за неточностей в самом измерительном приборе. Эти погрешности могут привести к несогласованным выводам. Например, при взвешивании предметов измерения могут показать, что А тяжелее, чем Б, Б тяжелее, чем В, однако В тяжелее, чем А. В частности, это может случиться, когда веса предметов А, Б и В близки, а прибор недостаточно точен, чтобы их различить. Отсутствие согласован-

ности может быть серьезным ограничивающим фактором для исследования некоторых проблем, но не быть таковым для других. Например, если объекты — два химиката, которые должны быть смешаны в точных пропорциях при изготовлении лекарства, то несогласованность может означать, что в пропорции применяется один химикат в большем, чем необходимо, количестве, что возможно приведет к вредным последствиям при употреблении лекарства.

Однако совершенной согласованности при измерениях даже с наиболее точными инструментами трудно достичь на практике. Нужен способ оценки степени согласованности при решении конкретной задачи.

Вместе с матрицей парных сравнений мы имеем меру оценки степени отклонения от согласованности. Когда такие отклонения превышают установленные пределы, тому, кто проводит суждения, следует перепроверить их в матрице.

Индекс согласованности в каждой матрице и для всей иерархии может быть приближенно получен вычислениями вручную. Сначала суммируется каждый столбец суждений, затем сумма первого столбца умножается на величину первой компоненты нормализованного вектора приоритетов, сумма второго столбца — на вторую компоненту и т. д. Затем полученные числа суммируются. Таким образом можно получить величину, обозначаемую  $\lambda_{\max}$ . Для индекса согласованности имеем  $IS = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ , где  $n$  — число сравниваемых элементов. Для обратносимметричной матрицы всегда  $\lambda_{\max} \geq n$ .

Теперь сравним эту величину с той, которая получилась бы при случайном выборе количественных суждений из шкалы 1/9, 1/8, 1/7, ..., 1, 2, ..., 9, но образовании обратносимметричной матрицы. Ниже даны средние согласованности для случайных матриц разного порядка.

---

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

---

Если разделить ИС на число, соответствующее случайной согласованности матрицы того же порядка, получим отношение согласованности (ОС). Величина ОС должна быть порядка 10% или менее, чтобы быть приемлемой. В некоторых случаях можно допустить 20%, но не более. Если ОС выходит из этих пределов, то участникам нужно исследовать задачу и проверить свои суждения.

## В. ПРИНЦИП СИНТЕЗА

Теперь обратимся к принципу синтеза. Приоритеты синтезируются, начиная со второго уровня вниз. Локальные приоритеты пере-



множаются на приоритет соответствующего критерия на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями, на которые воздействует этот элемент. (Каждый элемент второго уровня умножается на единицу, т. е. на вес единственной цели самого верхнего уровня.) Это дает составной, или глобальный, приоритет того элемента, который затем используется для взвешивания локальных приоритетов элементов, сравниваемых по отношению к нему как к критерию и расположенных уровнем ниже. Процедура продолжается до самого нижнего уровня.

### Г. ИЛЛЮСТРАЦИЯ ДЕКОМПОЗИЦИИ, СРАВНИТЕЛЬНЫХ СУЖДЕНИЙ И СИНТЕЗА

Для иллюстрации этих идей на конкретной задаче вернемся к семье, покупающей дом. В табл. 3.6 представлена еще раз матрица попарных сравнений для второго уровня иерархии, которая, как помнит читатель, содержит восемь критериев, воспринимаемых как воздействующие на общую цель — «Дом». На этот раз вычислим вектор приоритетов, собственное значение  $\lambda_{\max}$ , индекс согласованности и отношение согласованности. Отметим, что отношение согласованности несколько выше, чем нам хотелось бы, однако семья решила не пересматривать суждения, так как их не интересовали строго согласованные результаты. В сравнительно больших матрицах (например, от 7 до 9 элементов) часто трудно достигнуть высокого уровня согласованности. Тем не менее уровень согласо-

Таблица 3.6

Покупка дома: матрица попарных сравнений для уровня 2, решения и согласованность

Общее удовлетворение домом	Раз- меры дома	Удоб- ство авто- бусных марш- рутов	Окре- стно- сти	Когда построен дом	Двор	Совре- менное обору- дова- ние	Общее состо- яние	Финан- совые усло- вия	Век- тор приори- тетов
Размеры дома	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4	0,173
Удобство автобусных маршрутов	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7	0,054
Окрестности	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5	0,188
Когда построен дом	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8	0,018
Двор	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6	0,031
Современное оборудова- ние	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6	0,036
Общее состояние	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2	0,167
Финансовые условия	4	7	5	8	6	6	2	1	0,333
									$\lambda_{\max}=9,669$
									ИС=0,238
									ОС=0,169

ванности должен соответствовать тому риску, который сопутствует работе с несогласованными результатами. Например, при сравнении воздействия лекарств на организм необходимо иметь очень высокий уровень согласованности.

Заметим также, что компоненты вектора приоритетов не соответствуют в точности тем, которые можно получать, используя описанный выше приближенный метод (нормализованные средне-геометрические). Это происходит потому, что приоритеты в этом примере получены с помощью компьютерной программы, которая вычисляет реальные (а не приближенные) компоненты собственного вектора (описание компьютерных программ для МАИ см. в [14]). Одним из наиболее успешных и легких способов структурировать и решить проблему с помощью МАИ является применение программной системы Expert Choice производства фирмы Decision Support Software (г. Маклин, штат Виргиния, США).

Как теперь интерпретировать полученные таким образом приоритеты? Ясно, что наличие адекватного финансирования воспринимается семьей как наиболее важный критерий при выборе дома. Фактически он почти в 2 раза важнее размеров (0,333 против 0,173) и намного более важен, чем время постройки, который имеет низкий приоритет, равный 0,018. Действительно, можно было бы выбрать для рассмотрения только 3 или 4 наиболее важных критерия — скажем финансирование, окрестности, размеры и общее состояние, при проведении последующих вычислений, так как они окажут наибольшее влияние на окончательный выбор дома. Для того чтобы проделать это, следует просто сложить приоритеты наиболее важных критериев и разделить каждый на сумму, получив таким образом новый нормализованный вектор приоритетов для более легкого исследования набора критериев. В этом примере тем не менее сохраняются все критерии для проведения с помощью МАИ всего процесса в полном объеме.

В табл. 3.7 вновь вводятся парные сравнения для третьего уровня иерархии, иллюстрирующие сравнительную желательность домов А, Б и В по отношению к критериям второго уровня. Видно, что дом Б — лучший по критерию финансирования, а дом А воспринимается как лучший относительно размеров и удобства автобусных маршрутов. Прежде чем продолжить обсуждение, читатель, возможно, захочет догадаться, какой из домов получил наивысшую оценку с точки зрения глобального приоритета, обратив особое внимание на выраженные семьей предпочтения по критериям и связи каждого из трех домов по отдельным критериям.

Следующим этапом является применение принципа синтеза. Для выявления составных, или глобальных, приоритетов домов в матрице локальные приоритеты располагаются по отношению к каждому критерию, каждый столбец векторов умножается на приоритет соответствующего критерия и результат складывается вдоль каждой строки. Например, для дома А имеем:

Таблица 3.7

**Покупка дома: матрицы попарных сравнений для уровня 3, решения  
и согласованность**

Размеры дома	A	B	V	Вектор приоритетов	Двор	A	B	V	Вектор приоритетов
A	1	6	8	0,754	A	1	5	4	0,674
B	1/6	1	4	0,181	B	1/5	1	1/3	0,101
V	1/8	1/4	1	0,065	B	1/4	3	1	0,226
				$\lambda_{\max}=3,136$ ИС=0,068 ОС=0,117					$\lambda_{\max}=3,086$ ИС=0,043 ОС=0,074
Удобство автобусных маршрутов	A	B	V	Вектор приоритетов	Современное оборудование	A	B	V	Вектор приоритетов
A	1	7	1/5	0,233	A	1	8	6	0,747
B	1/7	1	1/8	0,005	B	1/8	1	1/5	0,060
V	5	8	1	0,713	B	1/6	5	1	0,193
				$\lambda_{\max}=3,247$ ИС=0,124 ОС=0,213					$\lambda_{\max}=3,197$ ИС=0,099 ОС=0,170
Окрестности	A	B	V	Вектор приоритетов	Общее состояние	A	B	V	Вектор приоритетов
A	1	8	6	0,745	A	1	1/2	1/2	0,200
B	1/8	1	1/4	0,065	B	2	1	1	0,400
V	1/6	4	1	0,181	B	2	1	1	0,400
				$\lambda_{\max}=3,130$ ИС=0,068 ОС=0,117					$\lambda_{\max}=3,000$ ИС=0,000 ОС=0,000
Когда построен дом	A	B	V	Вектор приоритетов	Финансовые условия	A	B	V	Вектор приоритетов
A	1	1	1	0,333	A	1	1/7	1/5	0,072
B	1	1	1	0,333	B	7	1	3	0,650
V	1	1	1	0,333	B	5	1/3	1	0,278
				$\lambda_{\max}=3,000$ ИС=0,000 ОС=0,000					$\lambda_{\max}=3,065$ ИС=0,032 ОС=0,056
	1 (0,173)	2 (0,054)	3 (0,188)	4 (0,018)	5 (0,031)	6 (0,036)	7 (0,167)	8 (0,333)	Обобщенные или глобальные приоритеты
A	0,754	0,233	0,745	0,333	0,674	0,747	0,200	0,072	0,396
B	0,181	0,055	0,065	0,333	0,101	0,060	0,400	0,650	0,341
V	0,065	0,713	0,181	0,333	0,226	0,193	0,400	0,278	0,263

$$(0,754 \times 0,173) + (0,233 \times 0,054) + \dots + (0,072 \times 0,333) = 0,396.$$

Дом А, который был наименее желателен с точки зрения финансовых условий (критерий с наивысшим приоритетом), вопреки ожи-

данию оказался победителем. Этот дом и был куплен. Семья сделала выбор безоговорочно.

При анализе можно убедиться, что исход не был удивительным, если принять во внимание тот факт, что дом А превосходил остальные дома по четырем из семи критериев, по которым не было ничейных результатов. Пример также показывает, что следует быть осторожным, решив исключить из рассмотрения какие-то критерии после первых вычислений.

### 3.5. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЭТАПОВ МАИ

Будет полезным еще раз повторить этапы МАИ. Отдельным этапам можно уделять больше внимания в одних ситуациях, чем в других.

1. Очертите проблему и определите, что вы хотите узнать.

2. Постройте иерархию, начиная с вершины (цели — с точки зрения управления), через промежуточные уровни (критерии, по которым зависят последующие уровни) к самому нижнему уровню (который обычно является перечнем альтернатив).

3. Постройте множество матриц парных сравнений для каждого из нижних уровней — по одной матрице для каждого элемента примыкающего сверху уровня. Этот элемент называют направляемым по отношению к элементу, находящемуся на нижнем уровне, так как элемент нижнего уровня влияет на расположенный выше элемент. В полной простой иерархии любой элемент воздействует на каждый элемент примыкающего сверху уровня. Элементы любого уровня сравниваются друг с другом относительно их воздействия на направляемый элемент. Таким образом, получаем квадратную матрицу суждений. Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одного из элементов над другим. Эти суждения затем выражаются в целых числах (см. табл. 3.3 для величин суждений). Если элемент А доминирует над элементом Б, то клетка, соответствующая строке А и столбцу Б, заполняется целым числом, а клетка, соответствующая строке Б и столбцу А, заполняется обратным к нему числом (дробью). Если элемент Б доминирует над элементом А, то происходит обратное: целое число ставится в позицию Б, А, а обратная величина автоматически в позицию А, Б. Если считается, что А и Б одинаковы, в обе позиции ставится единица.

4. На этапе 3 для получения каждой матрицы требуется  $n(n-1)/2$  суждений (напомним, что при каждом парном сравнении автоматически приписываются обратные величины).

5. После проведения всех парных сравнений и ввода данных по собственному значению можно определить согласованность. Затем, используя отклонение  $\lambda_{\max}$  от  $n$ , проверяем индекс согласованности, далее, сравнивая с соответствующими средними значениями для случайных элементов, получаем отношение согласованности.

6. Этапы 3, 4 и 5 проводятся для всех уровней и групп в иерархии.

7. Теперь используется иерархический синтез для взвешивания собственных векторов весами критериев и вычисляется сумма по всем соответствующим взвешенным компонентам собственных векторов уровня иерархии, лежащего ниже.

8. Согласованность всей иерархии можно найти, перемножая каждый индекс согласованности на приоритет соответствующего критерия и суммируя полученные числа. Результат затем делится на выражение такого же типа, но со случайным индексом согласованности, соответствующим размерам каждой взвешенной приоритетами матрицы. Отметим, во-первых, что приемлемым является ОС около 10% или менее. В противном случае качество суждений следует улучшить, возможно пересмотрев способ, следуя которому задаются вопросы при проведении парных сравнений. Если это не поможет улучшить согласованность, то, вероятно, задачу следует более точно структурировать, т. е. сгруппировать аналогичные элементы под более значащими критериями. Потребуется возврат к этапу 2, хотя пересмотра могут потребовать только сомнительные части иерархии. (Читатель может вычислить согласованность иерархии в примере покупки дома и получить величину 0,081, что приемлемо.)

При проведении оценок следует иметь в виду все сравниваемые элементы, чтобы сравнения были релевантными. Нетрудно убедиться в том, что для проведения обоснованных численных сравнений не следует сравнивать более чем  $7 \pm 2$  элементов. В таком случае маленькая погрешность в каждой относительной величине меняет ее не очень значительно. Если это так, то каким образом работать с более широким классом объектов? Ответ таков: посредством иерархической декомпозиции. Элементы группируются (в качестве первой оценки) в сравниваемые классы приблизительно из семи элементов в каждом. Элемент с наивысшим весом в классе также включается в следующий класс элементов с большими весами и как своеобразный стержень между двумя классами придает однородность шкале. Процедура повторяется от одного класса к смежному классу, пока все элементы не будут взвешены соответствующим образом.

В некоторых задачах с большим числом альтернатив нам не всегда нужно проводить парные сравнения между ними. Вместо этого вводим субкритерии (например, высокий, средний, низкий) и устанавливаем важность этих субкритериев по отношению к критериям. Затем берем каждую альтернативу, проверяем, который из субкритериев описывает ее наилучшим образом, и принимаем приоритет этого субкритерия. Далее складываем все приоритеты для этой альтернативы, и, наконец, нормализуем величины альтернатив, чтобы получить их общий приоритет.

### 3.6. ИЕРАРХИИ КАК ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ СЛОЖНОСТИ

Решающим преимуществом представляемого подхода над большинством существующих методов оценивания альтернатив является его вклад в анализ структуры проблемы и отчетливое выражение суждений. При построении иерархии специалист по планированию или лица, принимающие решения, вынуждены вникнуть в проблему. Так как результат процесса решения сильно зависит от этого начального этапа, хотелось бы развить некоторые идеи относительно того, как строить — обычно не единственные — иерархии.

Что касается читателя, то он может не знать, как формировать иерархию, однако если он справится с простейшим видом иерархии, представленной в предыдущем примере, а в этой и последующих главах будут и другие примеры, то он сможет приобрести необходимый опыт. Итак, в нескольких последующих разделах мы надеемся развить навыки построения сложных иерархий.

Сложность, как уже было показано, характеризуется большим числом взаимодействий между многими субъективными и объективными факторами различного типа и степени важности, а также группами людей с различными целями и противоположными интересами. Эти факторы определяют вероятность или невозможность выбора одной из доступных альтернатив, которая приемлема для всех с определенной степенью компромисса.

Чтобы разобраться в этой путанице, связанной со сложностью, нужна организованная структура для представления групп, их целей, критериев и поведения, направляемых этими целями, альтернативных исходов и ресурсов, распределяемых по этим альтернативам.

Общая цель (фокус) проблемы, например выбор наилучшего автомобиля, построение наилучшей системы, распределение ресурса в соответствии с важностью, является обычно высшим уровнем иерархии. В планировании этот уровень может состоять из горизонтов (нескольких интервалов времени, таких, как 3 или 5 лет). За фокусом следует уровень наиболее важных критериев, таких, как стоимость, стиль, комфортность и размеры автомобиля, или же в планировании — прибыльность, инвестиции, конкуренция и т. д. Каждый из критериев может разделяться на субкритерии. За субкритериями следует уровень альтернатив, число которых может быть очень большим.

Как будет показано, в некоторые иерархии может быть включен уровень действующих сил (акторов), который расположен ниже уровня общих критериев (иногда этот уровень общих критериев может полностью отсутствовать). Уровень определяет, какой из акторов наибольшим образом воздействует на исход. За этим уровнем для каждого актора следует уровень целей акторов, за которым следует уровень политик акторов и далее — уровень альтернативных исходов.

В общем, декомпозиция проблемы (или фокуса) в иерархию зависит от хода мыслей индивидуума. Как узнать, что выбраны верная цель, правильные критерии, включены соответствующие акторы и т. д.? Целесообразно ли следовать некоторому методу, который поможет правильно идентифицировать проблему, выбрать цели для ее разрешения и затем построить иерархию? Вот несколько общих принципов.

#### ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИЕРАРХИИ

1. Решайте простую проблему так, как в примере с покупкой дома.

2. Просмотрите много примеров (см. литературу).

3. Определите общую цель — какую задачу вы стараетесь решить? Цели должны отражать предположения относительно причины возникновения проблемы в системе, а не просто ее проявления. (Например, низкий уровень морали служащих — причина низкой производительности. Низкая продуктивность не является проблемой, это проявление.)

4. Установите предположения (внешние и внутренние), которые отражены в вашем определении проблемы (см. гл. 5). Жизнеспособны ли эти предположения? Если нет, формулируйте новые цели.

5. Определите отклонения или предвзятые мнения, которые могут влиять на определение проблемы.

6. Установите, на кого будет влиять ваше определение проблемы.

7. Выясните, как они определяют проблему. Можете ли вы предоставить им возможность участвовать в построении иерархий? (см. гл. 5).

8. Определите, нет ли других определений проблемы, более жизнеспособных, чем ваше (повторите этапы 4—8 для всех альтернативных определений).

9. Рассмотрите вашу проблему как часть нескольких проблем любой общей цели.

10. Разработайте структуру и усовершенствуйте ее, чтобы приспособить к проблеме.

11. Проведите мозговой штурм любого возможного аспекта проблемы. Затем организуйте перечень всех критериев, расположенных в положительном или отрицательном направлении, в виде иерархии, группируя факторы в сравнимых классах.

12. Убедитесь, что вы можете ответить на вопросы о важности элементов уровня относительно элементов примыкающего сверху уровня.

13. Для каждого уровня сформулируйте письменные вопросы, на которые вы собираетесь отвечать.

На практике встречаются два общих типа доминантных иерархий. Они изучаются детально в гл. 6. Представим их в общих чертах, чтобы привлечь читателя к построению собственных иерархических структур с большей уверенностью.

## КАК ПОСТРОИТЬ ДОМИНАНТНЫЕ ИЕРАРХИИ

Двумя общими типами доминантных иерархий являются:

1. Иерархия прямого процесса: она проецирует существующее состояние проблемы на *наиболее вероятное* или логическое будущее (или на следствие).

2. Иерархия обратного процесса: она определяет политики управления, чтобы помочь достичь *желаемого* будущего (или следствия).

В процессе планирования применяют оба типа иерархий. Планирование — это итерационный процесс, объединяющий прямой и обратный процессы для превращения вероятного в желаемое.

### ИЕРАРХИЯ ПРЯМОГО ПРОЦЕССА

Перечислим в нисходящем порядке уровни иерархии в наиболее общей форме (на практике отдельные иерархии могут быть намного проще):

1. Макроограничения окружающей среды.
2. Социальные и политические ограничения.
3. Силы.
4. Цели.
5. Акторы.
6. Цели акторов.
7. Политики акторов.
8. Контрастные сценарии.
9. Обобщенный сценарий. Детали этого сценария даются посредством переменных состояния, строится указатель для оценки обобщенного воздействия заданных управляющих политик.

### ИЕРАРХИЯ ОБРАТНОГО ПРОЦЕССА

Уровни этого типа иерархии таковы:

1. Предварительные сценарии.
  2. Проблемы и возможности.
  3. Акторы и коалиции.
  4. Цели акторов.
  5. Политики акторов.
  6. Отдельные политики управления, влияющие на результат.
- Как и для иерархии прямого процесса, для отдельных задач некоторые из уровней могут быть исключены.

Отметим, что структура иерархии может быть изменена для устранения аномалий выбора. Вот ситуация, которая встречается в задачах выбора. Яблоко предпочтительнее апельсина. Имеем много яблок. Продолжаем ли мы предпочитать яблоко? А может, когда у нас много яблок, апельсин становится более привлекательным? С одной стороны, яблоки могут стать еще более привлекательными, чем апельсин, — «чем больше, тем лучше». С другой



стороны, количество яблок может изменить предпочтение — «когда что-то имеется в большом количестве, этого не хочется слишком сильно». Вопрос в том, как разработать теоретический подход, который приведет к обоим результатам в соответствии с тем, что желательно. Очевидно, что пользователь осознает проблему по-своему. Математический подход не может сам по себе провести такое различие автоматически. Нужно попытаться воспроизвести скрытые ожидания в форме критериев в иерархии.

В этом отношении есть еще две мысли, которые следует отметить. Первая заключается в том, что критерий с высоким приоритетом в иерархии может иметь несколько альтернатив, по которым проводятся суждения, в то время как у критерия с низким приоритетом таких альтернатив может быть мало. Желательно повысить приоритет в большей группе, так как если альтернатив много, то каждая из них может получить меньший составной приоритет, чем каждый из немногих элементов под критериев с низким приоритетом. Иногда другие (более редкие) элементы должны получить более высокий приоритет. В первом случае можно умножить приоритет каждого критерия на относительное число элементов под ним и нормализовать веса критериев. Во втором случае можно использовать дополнительное множество весов. Более общим будет подход, связанный с введением дополнительного критерия в иерархию, который можно назвать «важность числа потомков<sup>1</sup>». Определение приоритетов производится и по этому критерию, который, в свою очередь, также сравнивается с другими критериями.

Третьей иллюстрацией необходимости добавлений к структуре в соответствии с ожиданиями будет задача о трех секретаршах, которые обращаются за работой: одна превосходно знает английский, однако неважно печатает, вторая обладает хотя и не выдающимися, но сбалансированными возможностями, а третья превосходно печатает, однако слаба в английском. Путь, который позволит вытащить на поверхность секретаршу, более или менее сочетающую знание языка с умением печатать, заключается в добавлении к критериям — «английский» и «печатание», третьего — «баланса». Таким образом, эта секретарша может получить наивысший приоритет.

Чтобы охватить такого рода ситуации, которые вначале могут показаться парадоксальными и разнообразие которых может быть бесконечным независимо от метода их анализа (МАИ или другие), обычно приходится модифицировать структуру иерархии.

#### УЧАСТИЕ ГРУППЫ ЛЮДЕЙ В ПОСТРОЕНИИ ИЕРАРХИИ

Для того чтобы люди поняли, как участвовать в построении иерархии, им читают 25-минутную лекцию о декомпозиции проб-

---

<sup>1</sup> «importance of number of descendents» (англ.).— *Прим. перев.*

лемы на уровне иерархии от общей цели вниз к уровню альтернатив, где каждый уровень содержит сравнимые кластеры. Рассказывают о шкале, и как она используется при работе с суждениями, объясняется преобразование суждений в числа. Их ориентируют использовать не числа, а только суждения. Объясняют один или два примера проведения парных сравнений, как проявляются приоритеты в виде собственного вектора, несогласованность, возможный пересмотр и обобщенные веса. Можно пояснить задачи со стоимостью и прибылью, объединив обе в одной шкале отношений. После ознакомления предлагают решить простую задачу с иерархией из трех уровней. Сталкиваясь с более сложными примерами, они повышают сложность своих структур.

В первый период наших исследований люди проводили мозговой штурм своих проблем, перечисляя все идеи, которые они полагали уместными, а затем группировали эти идеи в кластеры. Затем они классифицировали их по уровням предшествования для установления отношений между тем, что более важно, что менее важно и что еще менее важно. Таким образом изучались предыдущие примеры иерархий, из которых удалось выделить два различных класса иерархий. Прямая иерархия для проецирования того, что вероятно, и обратная — для определения, что желательно, и каким образом это желаемое достижимо. Скомбинировав оба класса, мы разработали иерархию планирования или управления.

Таким образом, было решено использовать подход, иерархическая структура которого формально определена в [12], на каждом уровне имеются почти одинаковые по степени важности кластеры. Но в данном случае это неважно. Можно было бы, как в мозговом штурме, группировать все и стараться сравнивать относительные размеры (или важности) кластеров по отношению к другим кластерам, выбирать цели и сравнивать уровни в соответствии с относительной важностью, каждый раз убеждаясь, что смежные уровни отличаются не более чем на величину одного порядка. Это — сложный процесс, который может быть выполнен по уже описанным направлениям с использованием общих элементов. Для достижения нашей цели может оказаться полезным сначала провести различие между несравнимыми вещами, а затем — между сравнимыми. Необходимо выделить примитивы, в терминах которых будет описываться проблема.

### 3.7. ОБОСНОВАНИЕ ШКАЛЫ 1—9

Шкала, которую мы рекомендуем, была успешно испытана и сравнена с другими шкалами. Суждениям людей о качественных соотношениях между элементами приписываются соответствующие значения шкалы. В общем случае не предполагается, что суждения согласованы.

Выбор шкалы зависит от следующих требований:

1. Шкала должна давать возможность улавливать разницу в чувствах людей, когда они проводят сравнения, различать как можно больше оттенков чувств, которые имеют люди.

2. Обозначим значения шкалы через  $x_1, x_2, \dots, x_p$  и допустим, что  $x_{i+1} - x_i = 1, i = 1, \dots, p-1$ .

Субъект должен быть уверенным во всех градациях своих суждений одновременно. Согласимся, что для лучшей согласованности и точности индивидууму не следует одновременно сравнивать более  $7 \pm 2$  объектов, что определяет выбор  $p = 7 + 2$ . Использование единичной разности между последовательными значениями шкалы — это все, что мы допускаем. Учитывая, что  $x_1 = 1$  для сравнения идентичных вещей, получаем, что значения шкалы будут меняться в пределах 1—9.

Читателю следует напомнить принятые допущения о том, что при использовании шкалы лицо, принимающее решение, имеет представление об относительных интенсивностях, которые имеются у сравниваемых элементов. Численные отношения, которые он формирует, являются ближайшими целыми приближениями, наибольшее значение которых соответствует девяти.

По-видимому, желательно иметь шкалу, охватывающую настолько много градаций, насколько возможно. Однако в противовес этому возникает мысль о том, что шкала должна быть конечной. Заметим также, что одной и той же меркой не измерить несоизмеримые объекты. Короткие расстояния измеряют в сантиметрах, большие расстояния — в метрах, еще большие — в километрах и даже в световых годах. Для проведения сравнения атомов с размерами звезд люди естественным образом расставляют между этими крайностями все более увеличивающиеся объекты. Этот переход позволяет провести различия в порядке измеримых величин. Для того чтобы такие различия были возможны, объекты, находящиеся в каждой группе, должны быть в диапазоне шкалы, и наибольший объект в одной группе применяется в качестве наименьшего в следующей группе более крупных объектов. Его значения на шкале в двух группах позволяют осуществить переход в измерении от одной группы к другой и т. д.

Практически количественные суждения так или иначе будут приближенными, но насколько хороши эти приближения? Ответ на этот вопрос можно получить с помощью данного подхода.

Нет таких методов, которые помогли бы решить, насколько хорошо данные суждения соответствуют реальности. Иногда используется среднеквадратическое или медианное абсолютное отклонение. Такие своеобразные измерители, по-видимому, полезнее при проведении межшкальных или межличностных сравнений в суждениях, чем абсолютные измерения качества соответствия. Мы не нашли полезным критерий  $\chi^2$ . Ясно, что исследования в этой области стоит продолжить.

Значительные усилия были сконцентрированы на сравнении

шкалы 1—9 с 28 другими шкалами, предложенными разными лицами. Ограничения в объеме книги не дают возможности продемонстрировать, что практически эта шкала и ее незначительные модификации лучше, чем все другие шкалы. Мы использовали пять различных задач, для которых позже были найдены истинные ответы. По этому вопросу читателю следует обратиться к работе [12].

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ВЕСА ПРЕДМЕТОВ

Для определения сравнительных весов в матрице табл. 3.8 даны парные сравнения пяти объектов.

Таблица 3.8.

Сравнительные веса объектов

Вес	Радиопри- емник	Пишущая машинка	Большой атташе- кейс	Проектор	Маленький атташе- кейс
Радиоприемник	1	1/5	1/3	1/4	4
Пишущая машинка	5	1	2	2	8
Большой атташе-кейс	3	1/2	1	1/2	4
Проектор	4	1/2	2	1	7
Маленький атташе-кейс	1/4	1/8	1/4	1/7	1

Наибольшее собственное значение  $\lambda_{\max}=5,16$  с индексом согласованности 0,04. Случайная величина равна 1,22. Оценки собственного вектора и вектор фактических относительных весов получены, как указано ранее, перемножением элементов в каждой строке с извлечением корня пятой степени и последующей нормализацией результата. Это является лишь приближением, когда нет совершенной согласованности, т. е. когда  $(\lambda_{\max}-n)/(n-1)>0$ .

Собственный вектор	Фактические отно- сительные веса
0,09	0,10
0,40	0,39
0,18	0,20
0,29	0,27
0,04	0,04

Среднеквадратическое отклонение равно 0,0158; менее чем 2%-ная ошибка указывает на хорошую оценку. Следует отметить, что люди в жизни очень редко сравнивают веса объектов, поднимая их рукой. Поэтому следует ожидать более широкого разброса результатов, чем, например, в оптическом эксперименте при использовании глаз для определения относительной освещенности пред-

метов от источника света, так как человеческому глазу часто приходится производить такого рода сравнения. Бóльшая точность достигается бóльшим опытом.

### 3.8. ГРУППОВЫЕ И ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ СУЖДЕНИЯ

Когда в принятии решения принимает участие группа людей, возникает вопрос: как использовать их суждения?

После обсуждения и консенсуса можно объединить разные суждения, удовлетворив условия обратной симметричности соответствующей матрицы. Поэтому независимо от правила, которое применяется для объединения суждений и соответствующих им обратных величин, они должны совпадать с тем, что получилось бы, если объединять обратные величины этих суждений. Оказывается, для выполнения этого существует один способ, заключающийся в перемножении соответствующих численных значений суждений и извлечении корня  $k$ -й степени, где  $k$  — число участников. Это — геометрическое среднее.

Следующий вопрос касается того, что случится с решением, если суждения одного лица или группы меняются со временем? Если решение уже было принято, оно может быть пересмотрено и заново осуществлено в случае необходимости, что влечет определенные издержки. С другой стороны, МАИ может быть использован как обучающее средство, в котором каузальные суждения могут изменяться. В этом случае или используют последнее суждение, если оно считается лучшим, или все предыдущие суждения синтезируют (берется их среднегеометрическое), или некоторым суждениям придают особое значение, обеспечивая их более частое воспроизведение, прежде чем взять их среднегеометрическое. Имеется также возможность, используя программную систему МАИ — Expert Choice, провести анализ чувствительности результатов от суждений на персональном компьютере.

Таким путем могут исследоваться изменения в суждениях как части рассматриваемой сложности. Отметим, что МАИ, как и другие аналитические процедуры, может быть неправильно использован в тех случаях, когда обрабатываются данные (суждения), основанные на предвзятых понятиях и предубеждениях эксперта. Поэтому должна существовать возможность отстоять веса, определенные суждениями.

### 3.9. ИЗМЕРЕНИЕ КАЧЕСТВА

Качество измеряется с точки зрения целей системы. Несмотря на элементарность этого принципа, он зачастую не отражается в стандартных методах оценки программ. Это происходит из-за того, что программы включают в себя определенные функции без ясной и точной формулировки их назначения и целей. Например, прави-

тельственная политика формируется путем интенсивных дебатов и компромиссов между законодателями, и поэтому сформулированные цели могут быть несовершенной смесью множества конкурирующих целей. Метод анализа иерархий упрощает процедуру измерения качества, уточняя цели, позволяет контролировать, проверять их и оценивать последующее применение. Более того, МАИ можно использовать как инструмент для измерения качества, включив в иерархию критерии оценки, посредством которых сравнивается фактическое качество системы с желательным. Такого рода процедура была осуществлена для измерения отклонения зданий от архитектурных спецификаций, для оценки качества конструкции самолета по сравнению с желательными стандартами и для оценки альтернативных технологий в развивающихся странах.

### 3.10. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ МАИ

#### А. ВЫБОР РАБОТЫ

Со студентом, только что получившим диплом, беседовали о трех возможных местах работы (А, Б и В). Он решил использовать МАИ для осуществления выбора. Иерархия этого примера — полная (рис. 3.2). Критерии студента для выбора работы и соответствующая матрица парных сравнений представлены в табл. 3.9 вместе с собственным вектором (нормализованным), связанным с максимальным собственным значением. В этой матрице пары критериев сравниваются с точки зрения их относительного вклада в общее понятие «удовлетворение работой». Задавался вопрос:

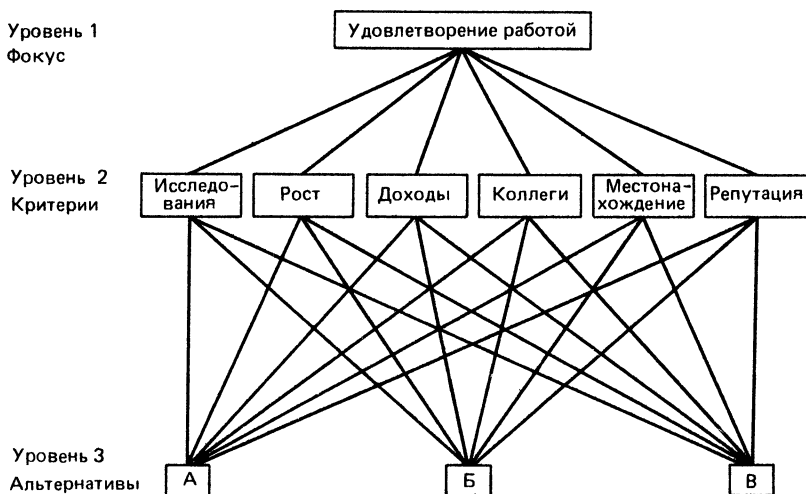


Рис. 3.2. Выбор работы

Таблица 3.9.

Матрицы попарных сравнений для выбора работы

Удовлетворение работой	Исследования	Рост	Доходы	Коллеги	Местонахождение	Репутация	Собственный вектор
Исследования	1	1	1	4	1	1/2	0,16
Рост	1	1	2	4	1	1/2	0,19
Доходы	1	1/2	1	5	3	1/2	0,19
Коллеги	1/4	1/4	1/5	1	1/3	1/3	0,05
Местонахождение	1	1	1/3	3	1	1	0,12
Репутация	2	2	2	3	1	1	0,30

Индекс согласованности равен 0,07

Исследования	А	Б	В	Рост	А	Б	В	Доходы	А	Б	В
А	1	1/4	1/2	А	1	1/4	1/5	А	1	3	1/3
Б	4	1	3	Б	4	1	1/2	Б	1/3	1	1
В	2	1/3	1	В	5	2	1	В	3	1	1
Коллеги	А	Б	В	Местонахождение	А	Б	В	Репутация	А	Б	В
А	1	1/3	5	А	1	1	7	А	1	7	9
Б	3	1	7	Б	1	1	7	Б	1/7	1	5
В	1/5	1/7	1	В	1/7	1/7	1	В	1/9	1/5	1

который из заданной пары критериев представляется вносящим большой вклад в понятие «удовлетворение работой» и насколько? Например, число 5 в третьей строке и четвертом столбце показывает, что «доходы» намного важнее, чем «общество коллег».

Полученные собственные векторы (один из каждого критерия) взвешиваются с помощью соответствующей компоненты собственного вектора объединенного критерия, и результаты суммируются и нормализуются. Получаем

$$0,16 \begin{pmatrix} 0,14 \\ 0,63 \\ 0,24 \end{pmatrix} + 0,19 \begin{pmatrix} 0,10 \\ 0,33 \\ 0,57 \end{pmatrix} + \dots + 0,30 \begin{pmatrix} 0,77 \\ 0,17 \\ 0,05 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,40 \\ 0,34 \\ 0,26 \end{pmatrix} \begin{matrix} А \\ Б \\ В \end{matrix}$$

Б. «УЛИТОЧНЫЙ МЕТАТЕЛЬ» И ПЛОТИНА [9]

В этом примере в деталях исследуется окружающая среда сложной, неструктурированной проблемы. Релевантные факторы были построены иерархически (рис. 3.3), и МАИ применялся для определения наиболее осуществимого из возможных решений.

Плотина Теллико, строительство которой было предложено властями долины Теннесси и одобрено Конгрессом в октябре 1966 г.,

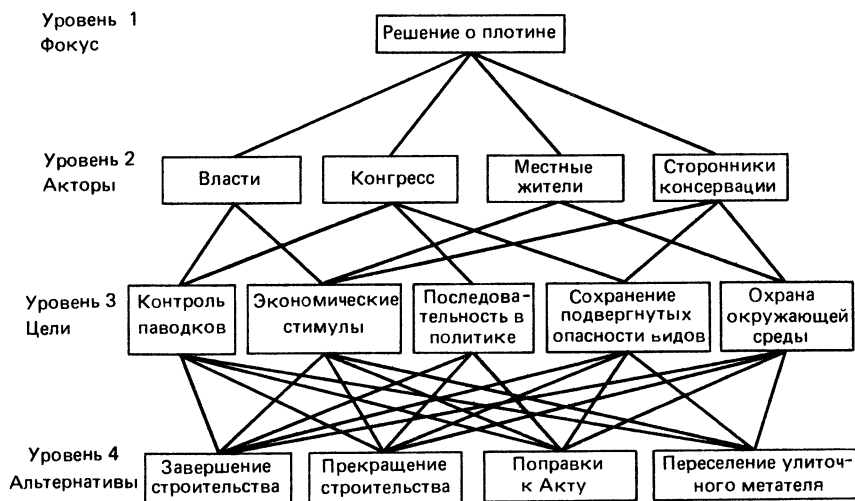


Рис. 3.3. Проблема плотины Теллико: иерархическое представление

еще не была завершена. Задержка была вызвана серией публичных демонстраций и юридических сражений. Проект стоимостью в 120 млн дол., который включает плотину на р. Малая Теннесси, был задуман с целью стимулирования экономического и промышленного развития местности. Ранние оппоненты проекта доказывали, что живописные, рекреационные, исторические и археологические характеристики реки будут утеряны, если плотина будет завершена и водохранилище заполнят водой. Разработка проекта была временно остановлена в 1971 г. и еще раз в 1973 г., когда противники вынудили власти долины Теннесси подчиниться предписаниям Национального агентства защиты окружающей среды. В 1973 г. рыбка улиточный метатель (маленькая, длиной до 7 см, из семейства окуневых) была обнаружена в р. Малая Теннесси; ее объявили подвергнутым опасности уничтожения видом, и р. Малая Теннесси была объявлена критическим местом распространения этого вида. В результате строительство плотины Теллико было приостановлено в январе 1977 г. Это решение было основано на интерпретации судом Акта о подвергнутых опасности уничтожения видах, который обеспечивает абсолютную их защиту в критических местах распространения. Власти долины Теннесси надеялись, что Акт не имеет отношения к проекту, так как строительство началось еще до его принятия. В 1978 г. Верховный суд подтвердил принятое ранее решение: дальнейшее строительство плотины не должно продолжаться. После этого ситуация изменилась.

Вначале назовем акторов в этом диспуте. Власти долины Теннесси спроектировали плотину Теллико и получили помощь Конгресса, выразившуюся в почти 120 млн дол. Конгресс принял Акт



о подвергнутых опасности уничтожения видах, а также законопроект после того, как «улиточный метатель» был объявлен подверженным опасности уничтожения видом. Местные жители были за экономическое развитие. После начала строительства тем не менее сторонники консервации противились постройке плотины, утверждая, что она повлечет потерю природных, археологических и исторических достопримечательностей.

Цели акторов можно определить следующим образом:

*Власти:* а) меры предосторожности против паводков, обеспечение энергией, рекреационная активность; б) обеспечение местных экономических стимулов.

*Конгресс:* а) меры предосторожности против паводков, обеспечение энергией, рекреационная активность; б) последовательность в политике (построить плотину, защитить виды); в) сохранение подвергнутых опасности уничтожения биологических видов.

*Местные жители:* а) обеспечение местных экономических стимулов; б) сохранение природных, живописных, исторических и археологических достопримечательностей.

*Сторонники консервации:* а) сохранение подвергнутых опасности уничтожения биологических видов; б) обеспечение местных экономических стимулов; в) сохранение природных, живописных, исторических и археологических достопримечательностей.

Возможными решениями проблемы являются:

завершение строительства плотины согласно планам;

прекращение строительства плотины навсегда;

поправки к Акту о защите подверженных опасности уничтожения биологических видов, включающие такие фразы, как «насколько возможно», и предоставление Конгрессу или федеральному правительству некоторой свободы в осуществлении определенных проектов, по которым были приняты все основные решения;

обеспечение новой среды обитания «улиточному метателю» (и последующее изменение классификации р. Малая Теннесси как критической среды обитания).

Была установлена иерархия из трех уровней — акторов, целей и исходов (см. рис. 3.3); определены веса соответствующих элементов и найдены следующие окончательные веса исходов:

Завершение строительства плотины .....	0,27
Прекращение строительства .....	0,10
Поправка к Акту о подверженных опасности уничтожения видах .....	0,29
Переселение «улиточного метателя» .....	0,35

Таким образом, выяснилось, что наиболее желательным исходом является переселение «улиточного метателя».

Иерархия этого примера неполна. Она показана на рис. 3.3. Задача решалась в 70-х годах, и было принято решение — построить плотину. Если наша информация адекватна, то основная мысль заключалась в том, что плотина в конце концов не подвергнет опасности «улиточного метателя».

## В. ПРИМЕНЕНИЕ МАИ ПРИ ОБЪЕКТИВНЫХ ДАННЫХ

Теперь приведем пример сравнений при линейной полезности. Покажем, как использовать МАИ в обычной задаче принятия решений. Человек хочет купить автомобиль, в целом за минимальную сумму, которая состоит из цены за покупку, расходов по эксплуатации за три года и стоимости бензина за три года в городе (30 000 миль за три года) и в деревне (20 000 миль за три года) по цене 1,5 дол. за галлон. Он может сделать выбор из трех машин, исходя из следующих данных:

	Стоимость машины, дол	Расходы по эксплуатации за год, дол	Расход бензина, галлонов за милю	
			в городе	в деревне
А	6000	600	1/10	1/20
Б	8000	400	1/20	1/40
В	10 000	200	1/40	1/60

$$A = 6000 + 3 \times 600 + 30\,000 \times (1,5) \times (1/10) + 20\,000 \times (1,5) \times (1/20) = 13\,800 \text{ дол.}$$

$$B = 8000 + 3 \times 400 + 30\,000 \times (1,5) \times (1/20) + 20\,000 \times (1,5) \times (1/40) = 12\,200 \text{ дол.}$$

$$B = 10\,000 + 3 \times 200 + 30\,000 \times (1,5) \times (1/40) + 20\,000 \times (1,5) \times (1/60) = 12\,225 \text{ дол.}$$

Машине Б соответствуют минимальные суммарные расходы.

Теперь посмотрим, как можно прийти к этому результату через иерархическое построение. Иерархия принимает следующий вид (рис. 3.4).

Выпишем последние три выражения для стоимостей (нормализуя по каждому фактору) следующим образом:

$$A = 24\,000 \times (6/24) + 3 \times 1200 \times (6/12) + 45\,000 \times (7/40) \times (4/7) + 30\,000 \times (5,5/60) \times (30/55);$$

$$B = 24\,000 \times (8/24) + 3 \times 1200 \times (4/12) + 45\,000 \times (7/40) \times (2/7) + 30\,000 \times (5,5/60) \times (15/55);$$

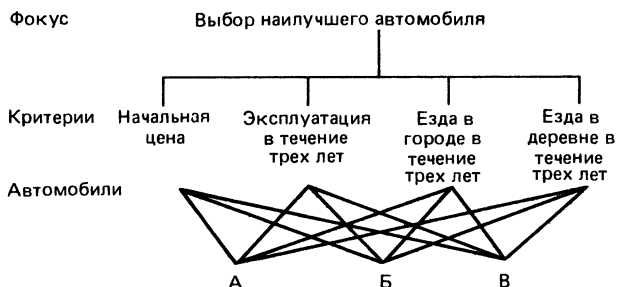


Рис. 3.4. Покупка автомобиля: иерархическое представление

$$B=24\,000\times(10/24)+3\times1200\times(2/12)+45\,000\times(7/40)\times(1/7)+\\ +30\,000\times(5,5/60)\times(10/55).$$

Общие веса: для стоимости автомобиля равны 24 000 (их суммарная цена), для эксплуатации — 3 600 (суммарная стоимость за три года). Вес, соответствующий езде в городе, равен 7875, что равно суммарной стоимости для трех машин за три года. Аналогично вес, соответствующий езде в сельской местности, будет 2750.

Матрица парных сравнений критериев включает отношения только что обсужденных весов, которые составляют главный собственный вектор этой матрицы, представленной в нормализованном виде, т. е. 0,6279; 0,0942; 0,2060; 0,0719. Если бы мы не имели этих точных данных, то можно было аппроксимировать отношения весов, используя нашу шкалу 1—9 следующим образом:

$$\begin{pmatrix} 1 & 7 & 3 & 9 \\ 1/7 & 1 & 1/2 & 1 \\ 1/3 & 2 & 1 & 3 \\ 1/9 & 1 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}.$$

Главный собственный вектор матрицы будет 0,6326; 0,0886; 0,2035; 0,0756, что не очень отличается от точного значения, полученного выше.

Здесь должен быть задан вопрос, имеющий следующую форму: какой из критериев — покупка, эксплуатация или вождение автомобиля — важнее? Для сравнения трех автомобилей относительно каждого из четырех критериев можно использовать отношения величин, находящихся в скобках в выражении для стоимостей, которые представляют собой просто относительные величины. Например, когда автомобиль А сравнивается с автомобилем Б относительно цели, можно написать  $(6/24):(8/24)=6/8$  и т. д. Собственные векторы всех трех величин — нормализуются. Наконец, стоимости, полученные в результате иерархического синтеза, ведут к тому же ответу и выбору автомобиля Б.

Одним из преимуществ этого подхода является то, что он безразмерен, так что не возникает проблемы приведения весов к одним единицам измерения. Если применить другой метод, то веса действительно должны быть увязаны с единицами, использованными при измерениях, так же как относительные стоимости. Описанный выше процесс согласован с оценкой критериев по шкале в соответствии с необходимым количеством денег, а не с разницей в этих деньгах.

#### Г. ОБОБЩЕНИЕ ПОДХОДА НА СЕТЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Иногда специалисты по планированию не могут построить иерархическое представление проблемы, а считают более подходящим сетевое представление. Существует подход, позволяющий справиться с проблемами этого типа, который тоже основан на базовых прин-

циях МАИ. Полное описание такого подхода завело бы нас далеко. Заинтересованному читателю следует обратиться к [12], где процедура описана детально.

### 3.11. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ЗАВИСИМОСТИ

Метод анализа иерархий обеспечивает простые и прямые средства для измерения взаимозависимости в системе. Основная идея заключается в том, что где бы ни была проявлена взаимозависимость, каждый из видов деятельности или критериев становится целью, и все виды деятельности (или критерии) сравниваются в соответствии с их вкладом в эти виды деятельности (или критерии). Это порождает ряд приоритетов зависимости, который выражает относительную зависимость каждого вида деятельности от остальных видов деятельности. Приоритеты затем взвешиваются относительно независимого приоритета каждого связанного вида деятельности, полученного из иерархии, и результаты суммируются по всей строке. Таким образом, получаем веса взаимозависимости. Можно показать, что данный подход совместим с общеизвестными в эконометрии процедурами вычисления матриц входа-выхода.

Чтобы проиллюстрировать метод, рассмотрим наглядный пример о благополучии средней американской семьи. Выявлены три критерия, которые влияют на благополучие семьи: «Уверенность» (финансовая и психологическая), «Любовь» и «Соучастие». Члены семьи: «Мать», «Отец» и «Дети». В процессе участвовала группа из девяти человек, шестерым из них было от 20 до 30 лет, двое участников были постарше и один — моложе 20 лет. Участники полагали, что критерии следует рассматривать как независимые. Тем не менее члены семьи априорно зависят друг от друга. Хотя участники не испытывали трудностей при установлении зависимости всех элемен-

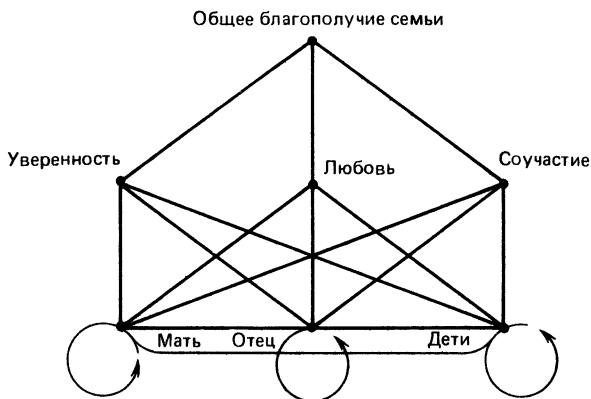


Рис. 3.5. Приоритеты взаимозависимости в семье

тов друг от друга, возможно, что в некоторых других задачах не всякий элемент влияет на остальные. В этом случае его не сравнивают с другими элементами, а при внесении в общий список взаимозависимых элементов ему присваивается нулевой приоритет. Иерархия имеет структуру, показанную на рис. 3.5.

Матрица парных сравнений строится исходя из ответов на следующие вопросы.

Какой критерий вносит больший вклад в благополучие семьи и во сколько раз больше?

Благополучие	Уверенность	Любовь	Соучастие	Приоритеты
Уверенность	1	3	7	0,67
Любовь	1/3	1	3	0,24
Соучастие	1/7	1/3	1	0,09
				OC=0,006

Какой член семьи вносит больший вклад по каждому критерию и во сколько раз?

Уверенность	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	1/3	7	0,30
Отец	3	1	7	0,63
Дети	1/7	1/7	1	0,06
				OC=0,12
Любовь	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	2	7	0,58
Отец	1/2	1	6	0,35
Дети	1/7	1/6	1	0,07
				OC=0,03
Соучастие	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	4	5	0,67
Отец	1/4	1	3	0,23
Дети	1/5	1/3	1	0,10
				OC=0,07

Веса зависимости по отношению к каждому критерию получены иерархической композицией (отметим, что погрешности округления могут привести к легким отклонениям в ответах с правой стороны).

Обобщенные веса членов семьи по отношению к каждому критерию

$$\begin{pmatrix} 0,67 \\ 0,24 \\ 0,09 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,30 & 0,58 & 0,67 \\ 0,63 & 0,35 & 0,23 \\ 0,06 & 0,07 & 0,10 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,20 & 0,14 & 0,06 \\ 0,42 & 0,08 & 0,02 \\ 0,04 & 0,02 & 0,01 \end{pmatrix}.$$

Веса независимости получаются, если суммировать элементы в каждой строке. Имеем:

Мать 0,40;

Отец 0,53;

Дети 0,07.

Затем определяем зависимость между членами семьи по отношению к каждому критерию. Насколько сильно влияет каждый член семьи на каждого члена по каждому отдельному критерию?

Мать <sub>уверенность</sub>	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	1/5	6	0,23
Отец	5	1	7	0,71
Дети	1/6	1/7	1	0,06
				OC=0,21
Отец <sub>уверенность</sub>	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	5	7	0,71
Отец	1/5	1	4	0,23
Дети	1/7	1/4	1	0,06
				OC=0,03
Дети <sub>уверенность</sub>	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	3	7	0,66
Отец	1/3	1	4	0,26
Дети	1/7	1/4	1	0,08
				OC=0,03
Мать <sub>любовь</sub>	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	1/5	1	0,16
Отец	5	1	3	0,66
Дети	1	1/3	1	0,19
				OC=0,03
Отец <sub>любовь</sub>	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	5	3	0,62
Отец	1/5	1	1/5	0,09
Дети	1/3	5	1	0,30
				OC=0,12
Дети <sub>любовь</sub>	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	1	1	0,33
Отец	1	1	1	0,33
Дети	1	1	1	0,33
				OC=0,00

Окончание табл.

МатьСоучастие	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	1/4	3	0,22
Отец	4	1	6	0,69
Дети	1/3	1/6	1	0,09
				OC=0,05
ОтецСоучастие	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	4	6	0,69
Отец	1/4	1	3	0,22
Дети	1/6	1/3	1	0,09
				OC=0,04
ДетиСоучастие	Мать	Отец	Дети	Приоритеты
Мать	1	1	5	0,46
Отец	1	1	5	0,46
Дети	1/5	1/5	1	0,09
				OC=0,00

Для получения окончательных приоритетов взаимозависимости каждый столбец приоритетов зависимости умножается на общий вес соответствующего фактора и затем компоненты складываются. Итак, имеем:

	Мать Отец Дети Уверенность (0,20) (0,42) (0,04)	Мать Отец Дети Любовь (0,14) (0,08) (0,02)	Мать Отец Дети Соучастие (0,06) (0,02) (0,01)	
Мать	0,23 0,71 0,66	0,16 0,62 0,33	0,22 0,69 0,46	$= \begin{pmatrix} 0,48 \\ 0,41 \\ 0,11 \end{pmatrix}$
Отец	0,71 0,23 0,26	0,66 0,09 0,33	0,69 0,22 0,46	
Дети	0,06 0,06 0,08	0,19 0,30 0,33	0,09 0,09 0,09	

При учете зависимости в этом примере приоритеты несколько меняются по сравнению с рассматриваемыми независимо (меняются местами приоритет отца и матери). Имеем:

	При независимости	При взаимозависимости
Мать	0,40	0,48
Отец	0,53	0,41
Дети	0,07	0,11

Краткое изложение вопроса о зависимости будет следующим. В любом кластере иерархии при условии, что существует зависимость между элементами кластера, она должна быть измерена сама

по себе и отдельно от обычной оценки при независимости. Зависимость измеряется для каждого критерия, по отношению к которому она существует, и результаты синтезируются по критериям.

Ами Арбель из Тель-Авивского университета применил МАИ при конструировании самолета. Процесс включал неоднократные компромиссы и оценки взаимозависимости целей и альтернативных вариантов конструкции, которые приводили к определенным конфигурациям. Цели конструирования включали такие конфликтующие характеристики, как горизонтальная устойчивость, продольная устойчивость, сверхзвуковое лобовое сопротивление, уровень бортовой качки и выход из штопора. Конструктивный вариант включает определенные местоположение крыльев, площади управляющей поверхности и систему управления. Каждая возможная конфигурация состояла из комбинации этих конструктивных вариантов. Выбиралась такая конфигурация, которая наилучшим образом удовлетворяла целям конструирования.

### 3.12. СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ

С давних времен люди занимаются измерениями как физических, так и психологических явлений. Физические связаны с вещами, находящимися вне лица, осуществляющего измерения. Это — объективно. Психологические связаны с тем, как мы воспринимаем и интерпретируем внутри нас то, что мы испытываем, и как мы чувствуем. Это — субъективно. Ученые использовали множество разнообразных математических подходов структурирования проблем, с которыми они встречались, и методов измерений в рамках этих структур. Многие ученые разрабатывали методы измерения и выявления суждений. Метод анализа иерархий попадает в эту большую категорию интересов математической и бихевиористской науки. В МАИ матрицы доминирования играют центральную роль. Для исследования их свойств также затрачено много усилий.

В [16] отмечено, что более интенсивные исследования велись по вопросам близости, сечениям и совместным измерениям, связанным с матрицами доминирования.

Метод анализа иерархий использует парные сравнения в матрицах доминирования. В модели сравнительных суждений Терстоуна [19] также используется попарное сравнение объектов, однако лишь в отношении того, что один из объектов более предпочтителен, чем другой, без учета степени превосходства. Он собирает информацию о стимулах в предположении нормальности процесса суждений и различную «метрическую» информацию о стимулах, налагая дополнительные ограничения на параметры. С подходом Терстоуна связывают ряд ограничений. Например, в [4] рекомендуется ограничить диапазон вероятностей, из которого делается вывод о том, что один стимул больше другого. В [20] метод Терстоуна систематизирован и распространен на шкалирование; в частности, иссле-



дован случай, когда ковариационные члены постоянны, корреляции равны и распределения гомоскедактичны, т. е. имеют одинаковые дисперсии.

В [8, 18] предложено то, что Кумбс [3] назвал моделью Брэдли — Терри — Льюса (БТЛ). В модели используется логистическая кривая, которая является логарифмическим преобразованием распределения вероятностей. Хотя здесь нет предположений о нормальности, практически трудно провести различие между моделью БТЛ и случаем в работе Терстоуна, где он делает предположение о нормальности распределений и равенстве дисперсий. Модель БТЛ строже следует теории выбора поведения. Кумбс обсуждает существенные различия между этими двумя моделями.

Сопоставим допущения, используемые в МАИ, с описанными выше допущениями психометрических традиций. Не будем начинать с гипотезы о том, что суждения в виде отношений являются независимыми вероятностными процессами. Вместо этого исследуем последствия изменения в суждениях через возмущения во всем множестве суждений. Такой вариант подхода приводит к критерию согласованности. Поэтому получение решений нашим методом не является статистической процедурой.

Короче говоря, многие психометрические методы вырабатывают суждения, пригодные для последующего решения в той или иной шкале. Предположим, что выработка суждений происходит до оценки в виде отношения между двумя стимулами. Тогда процедура получения решения не связана с предположениями о распределении суждений. Тем не менее если необходимо сравнить любое решение по критерию согласованности, то нужно обратиться к статистическим доводам и исследовать возмущения всей матрицы суждений.

Использование метрической информации в матрице суждений субъектов позволяет проводить параллели с методом анализа главных компонент, за исключением того, что данные дают информацию о превосходстве, а не о подобии или ковариациях. При анализе главных компонент особо выделяется  $\lambda_{\max}$ , но возникшая задача решается также для всех  $\lambda$ . Однако результаты должны быть интерпретированы по-другому [6].

В нашем анализе природа стимулов и задача, которая ставится перед субъектом, подобны «психофизическому» шкалированию, как оно мыслится Стивенсом и Галантером [17], и в последнее время широко используется во многих попытках построить обобщенные оценки политических переменных, включая «мощь страны». Подход Стивенса предопределяет согласованность тем, что при опросе субъектам предлагают одновременно сравнить каждый стимул со всеми другими стимулами, получая только одну строку матрицы. Это означает, что гипотеза одномерности не может быть проверена непосредственно. Если применяется метод Стивенса, то следует обратить внимание на то, чтобы суждения о стимулах

были согласованными или близкими к согласованным, и на то, что нет способа связать одну шкалу с другой, как в МАИ.

В [7] аксиоматизированы альтернативные процессы, связывающие стимулы с суждениями, и получены теоремы существования для шкал отношений. Подобная аксиоматизация не была распространена на иерархии шкал отношений.

Некоторые исследователи подошли к проблеме шкалирования, считая познавательное пространство стимулов по существу многомерным, а мы вместо этого выбираем иерархическую декомпозицию многомерной структуры с целью установить количественные и качественные отношения между величинами. Отдельные величины в решениях многомерного шкалирования функционально схожи с отдельными собственными векторами на каждом уровне нашей иерархии.

Формально задача построения шкалы в виде нормализованного собственного вектора  $\omega$  в уравнении  $A\omega = \lambda\omega$  (для максимального  $\lambda$ ) аналогична выделению первой главной компоненты. Когда субъекта просят заполнить клетки только одной строки или одного столбца, а другие клетки заполняются вычислением по ним (для обеспечения «совершенной согласованности»), первое собственное значение ( $n$ ) воспроизводит 100% дисперсии в матрице. Если же «совершенная согласованность» применяется к данным, за исключением того, что в каждую клетку матрицы добавляется нормально распределенная случайная компонента, то теория будет вести к анализу главных факторов и соответственно к «однофакторному» решению. Следовательно, то, что экспериментатор навязывает совершенную согласованность, приводит к получению не представляющего интереса результата точного шкалирования, которое было бы гарантировано, если построить эксперимент в виде единичных сравнений. Фактически можно убедиться, что если субъект заполняет только одну строку или один столбец матрицы и его задачей является получение отклонений между парами стимулов, то процедура формально эквивалентна расположению субъектом каждого стимула вдоль континуума с нулем на одном конце. Это — метод «непосредственной интенсивности» психофизического шкалирования.

Для быстрой оценки собственного вектора путем нормализации геометрического среднего столбцов зачастую используется метод логарифмических наименьших квадратов. В недавней совместной работе одного из авторов книги с Л. Варгасом<sup>1</sup> сравнивался подход, основанный на собственном значении, с методами наименьших квадратов и логарифмических наименьших квадратов. При несогласованности следует применять только метод собственного значения.

---

<sup>1</sup> Саати Т., Вапрас Л. Comparison of eigenvalue, logarithmic least squares and least squares methods in estimating ratios // Mathematical Modelling.—1984.— Vol. 5.— P. 303—324.— *Прим. перев.*

Такер [21] предлагает метод «определения параметров функционального отношения посредством факторного анализа». Однако он утверждает, что «задача вращения осей остается нерешенной», т. е. факторный анализ определяет параметры только в рамках линейного преобразования. В [2] предлагаются методы определения таких преобразований в задачах, где априорный теоретический анализ или наблюдаемые величины позволяют получать критерий, по отношению к которому происходит вращение решений по произвольному фактору.

Иерархическая композиция является индуктивным обобщением следующих идей. Заданы веса элементов на одном уровне. Относительно каждого элемента этого уровня формируется матрица собственных векторов-столбцов элементов уровня, находящегося непосредственно под заданным уровнем. Затем используется вектор весов элементов этого уровня для взвешивания соответствующих собственных векторов-столбцов. Умножая матрицу собственных векторов на вектор-столбец весов, можно получить общий вектор весов элементов нижнего уровня.

Так как матрица собственных векторов не соответствует ортогональному преобразованию, в общем случае результат не может быть интерпретирован как вращение. Фактически мы умножаем вектор в единичном  $n$ -мерном симплексе на стохастическую матрицу. В результате получаем другой вектор в единичном симплексе. Алгебраисты часто указывают на отличие задач, в которых алгебра имеет структурную геометрическую интерпретацию, от задач, в которых алгебра служит как удобный метод проведения вычислений. Статистические методы имеют прозрачную геометрическую интерпретацию, в отличие от методов возмущений, которые могут часто ее не иметь.

Авторы работы [5] особое внимание уделили поведению объектов в ситуациях, включающих как линейные, так и нелинейные отношения между стимулами. Делается заключение, что процесс индуктивного вывода в основном линеен. В нашей модели реакция субъектов на линейные и нелинейные сигналы адекватна охваченной методом парного шкалирования с привлечением подхода иерархической декомпозиции для агрегирования элементов, попадающих в сравнимые классы в соответствии с диапазоном возможностей проведения сравнений используемой шкалы.

Отметим, что мы подходим к решению проблемы интеграции информации, исследованной в [1], через формулировку задачи о собственном значении, имеющей линейную структуру. Однако сама шкала, определяемая собственным вектором, представляет собой в значительной степени нелинейную функцию от данных. Процесс, в соответствии с которым строится собственный вектор, сложный и состоит из операций сложения, умножения и усреднения. Чтобы воспринять эту сложность, можно попробовать получить

собственный вектор как предельное решение нормализованных строчных сумм степеней матрицы.

Особое внимание в [1] обращается на то, что принятая шкала реакций должна удовлетворять критерию, накладываемому алгебраической моделью суждений. Таким критерием в нашем случае является согласованность.

Для анализа решений при многих критериях предлагается много альтернативных подходов. Эти методы были рассмотрены в [10]. Они включают многомерную теорию полезности, которая сравнивается с МАИ в нескольких случаях. С теоретической точки зрения многомерная теория полезности позволяет получить полезности в интервальной шкале, в то время как в МАИ приоритеты — в шкале отношений. С практической точки зрения в МАИ суждения устанавливаются непосредственным образом и используются для синтеза приоритетов. В многомерной теории полезности сначала получают функцию полезности, задавая вопросы, а затем используют эту функцию для завершения анализа отдельной проблемы принятия решения.

Два других общих подхода к многокритериальному принятию решений — это методы выявления превосходства и интерактивные методы. Они часто включают хорошо определенные правила принятия решений в форме индикаторов или целевых функций, которые иногда приводят к линейным программам, максимизируемым или минимизируемым в зависимости от ситуации. В МАИ нет такой оптимизации, если, конечно, не считать задачи о распределении ресурсов с целью максимизации общей прибыли. Наконец, в отличие от большинства этих процедур, МАИ допускает несогласованность как неотъемлемую часть теории. Признавая, что человеческие мысли находятся в постоянном процессе изменения и эволюции, не следует настаивать на 100%-ной согласованности; так, суждения могут сразу же измениться, после того как проблема, казалось бы, решена. Но надежные решения не могут быть приняты без приемлемого уровня согласованности. С этими понятиями имеют дело при формализации МАИ.

### 3.13. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод анализа иерархий успешно применялся во многих областях, в частности: при разработке плана распределения энергии в промышленности или проектировании транспортной системы для Судана; в планировании будущего корпорации и измерении факторов окружающей среды на ее развитие; при построении сценариев высшего образования в США; при выдвижении кандидатов и в процессах выборов; при определении приоритетов для ведущего научного института в развивающейся стране; в задаче продвижения по службе персонала и аттестации преподавателей; для прогнозирования цен на нефть.

Ясно, что построение аналитической иерархии так же, как и структурирование проблемы любым другим методом, требует существенных знаний об исследуемой системе. К сильным сторонам МАИ можно отнести то, что при определении иерархии обычно важную роль также играют знания лиц, производящих суждения для парных сравнений.

Оказалось, что использование МАИ стимулировало повышение уровня знаний о специфических проблемах планирования даже среди людей, которые имеют достаточно обширные познания и опыт в данной конкретной ситуации. Более того, проблема еще больше раскрывается и накапливаются дополнительные знания, когда МАИ применяется итеративным образом, т. е. когда процесс повторяется с целью уточнения суждений, что позволяет вводить новую информацию или просто экспериментировать для выявления эффектов воздействия на ситуацию различных предположений. Диалог, структурированные дебаты и продолжительное взаимодействие участников в процессе представляются благоприятствующими факторами в этом процессе обучения.

Для примеров, представленных в этой главе, итерация была бы желательной компонентой МАИ. В гл. 6 будет показано приложение МАИ к планированию и продемонстрированы потенциальные ценности метода для решения проблем, где делаются попытки получить сходимость между наиболее вероятным и желательным будущим. При использовании МАИ в задачах планирования итерация не только желательна, но и необходима.

Подход к измерениям с помощью МАИ допускает определенную степень несогласованности. Группа людей может принять решение при допустимой степени несогласованности для каждого из членов группы. В этом случае они не будут чувствовать, что их предпочтения были в значительной степени нарушены. Таким образом, в теоретическом обосновании нет нужды в теореме невозможности, подобной теореме Эрроу.

Для читателей, интересующихся классической теорией принятия решений и понятиями оптимальности, в частности парето-оптимальностью, отметим, что МАИ может быть использован для определения парето-оптимального состояния системы, т. е. точки, в которой некоторые акторы или участники не могут улучшить своего состояния, не причинив вреда кому-либо другому. С другой стороны, критерии, представляющие заместители парето-оптимальности, такие, как справедливость или беспристрастность, могут быть включены в иерархическую структуру.

Отметим, что метод анализа иерархий основан на следующих аксиомах: парных сравнений, обоснованной шкалы для перевода суждений в числа с помощью 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<sup>1</sup>.

## Глава 4

### СВОЙСТВА СИСТЕМ И МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

#### 4.1. ВВЕДЕНИЕ

В этой главе поставлены две задачи: во-первых, определить свойства систем; во-вторых, связать некоторые из этих свойств с методом анализа иерархий, показав, что это — системный метод, предназначенный для системных проблем. Мы покажем, что МАИ и его распространение на системы с обратной связью охватывают главные свойства, присущие теории систем, и служат этой теории. Наиболее ценное в главе — выдвижение на первый план тех свойств систем, которые важны для иерархического или сетевого представления, получения наиболее верной и реалистической интерпретации решения проблем. Другими словами, нужно глубоко проанализировать исследуемые системы для выяснения потребностей, которые необходимо рассмотреть в нашей методологии. Примерами являются: общие цели системы, окружающая ее среда, устойчивость среды, турбулентность среды, люди, их совместные действия, конфликты и т. д.

Мы считаем удобным и приемлемым рассматривать системы по четырем основным характеристикам: назначению, функции, потоку и структуре. При построении системы исходят из самой общей цели к определенным функциям ее частей, к потокам, необходимым для выполнения функций, и к структуре, которая ограничивает и направляет потоки. Эти рамки позволяют различать и классифицировать разнообразные системы.

Отметим, что весь мир можно рассматривать как одну гигантскую систему. Но практически мы не исследуем всю Вселенную каждый раз, когда у нас возникает проблема. Поэтому, определенная система есть подсистема Вселенной, а Вселенная в самом широком смысле может быть названа ее средой.

#### 4.2. НАЗНАЧЕНИЕ

Акофф и Эмери [2] привлекли внимание к различию между системами, предназначенными для определенной цели, или *целе-*

---

<sup>1</sup> Подробнее об аксиоматических основах МАИ см.: Saaty T. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process // Management Science.—1986.— Vol. 32, N 7, July.— *Прим. перев.*

*направленными, и целеустремленными.* Первые ведут себя как запрограммированные роботы. Это устройства, используемые для выполнения осознанных их создателями требований. Холодильники предназначены для сохранения пищи свежей; дома защищают от окружающей среды; автомобили и самолеты предназначены для транспортировки. Целеустремленные системы — изобретательны; примерами являются люди и животные, университеты и больницы. Их назначение определено свойством воспринимать потребности с тем, чтобы следовать альтернативным действиям для удовлетворения потребностей. Они также динамичны: их цели и способ выбора целей меняются со временем.

Оба вида систем открыты в том смысле, что они обмениваются материей или энергией со своей средой окружения (см. ниже); однако многообразие изобретательности характеризуется способностью развивать реакцию на ограничение среды. Системы, которые служат цели, просто реагируют на среду с запрограммированными выходами.

Предпочитаемые исходы могут быть классифицированы в зависимости от времени, требуемого для их осуществления. *Целями* (objectives) являются предпочитаемые исходы, достижимые в течение определенного и сравнительно короткого периода времени; *макроцели* (goals) достигаются за более длительные периоды и требуют предшествующего удовлетворения одной или более целей; *идеалы* — это состояния системы, которые никогда не достигаются, но к которым система просто приближается, удовлетворяя попутно некоторые цели и макроцели. Аналогично тому, как цели группируются в макроцели, идеалы являются кластерами макроцелей.

Стоит отметить, что назначение системы не является детерминистическим фиксированным. Оно может развиваться со временем и не обязательно единственным образом. Интересную интерпретацию этой мысли развил французский микробиолог Жак Моно в книге «Шанс и необходимость» [19]. Его тезис заключается в том, что жизнь является случаем, основанным на химии и физике и полностью подчиненным законам комбинаторики.

Назначение является бихевиористским понятием, которое субъективно и трудно объяснимо. Многие люди, чье мышление основано на принципах, характерных для естественных и инженерных наук, предпочитают придерживаться определения назначения с точки зрения структуры, потока и их взаимодействий. Материя и движение трактуются как внутреннее назначение. Тем не менее в социальных системах человеческое поведение является мощной силой, которую мы не понимаем в достаточной степени, но которая проявляется в качестве формирующей наше мировоззрение. Трудны для понимания особенно те системы, которые включают в себя людей безотносительно к назначению человека. Существует некоторый вид принципа неопределенности при попытке определить систему, изучая некоторые проявления, отождествляемые с систе-

мой. Мы часто вынуждены модифицировать наши определения по мере того, как исследования становятся все более конкретными. Когда пытаются определить человека как систему, каузальные объяснения основной причины того, почему люди устроены так, а не иначе, терпят неудачу при попытке определить, что же является основным назначением, и как эта цель (определение человека как системы) способствует этому назначению. В конечном счете это ведет к повторению доводов о назначении человека.

## ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР

Человек отличается от других систем свойством воспринимать и различать альтернативные направления действия, и главным образом — задумывать и управлять собственными действиями посредством сознательных усилий. Он устанавливает приоритеты и делает выбор, основываясь на предпочтении, необходимости, капризе или каких-либо других побуждающих силах.

Наша повседневная жизнь в основном определяется рядом различных выборов: когда надо встать утром, что надеть, что поесть и т. д. Она предопределяется также рядом и не столь рутинных выборов: когда поступить в учебное заведение и что изучать; на ком жениться; когда уйти в отставку (и даже, иногда, когда умереть). Эти выборы, за которыми следуют действия, определяют новые ситуации, или состояния существования. Цикл продолжается по мере возникновения новых альтернатив, вызванных предыдущими выборами.

Группы людей формируют организации и выборы для удовлетворения общих целей: что производить и какую цену назначать за продукцию; какие налоги взимать и какие улицы прокладывать; какое оружие производить и т. п. Во всех этих ситуациях выборы, сделанные сегодня, формируют завтрашние альтернативы.

Несмотря на то что понятия выбора и назначения могут считаться сами по себе разумеющимися, они являются основными при восприятии отдельной системы. Мы изучаем систему с целью идентифицировать точки вмешательства, в которых функции, потоки или структуры могут быть изменены, чтобы удовлетворить назначение. Мы также проверяем сами назначения, чтобы убедиться в их осуществимости или желательности в свете реальных обстоятельств.

Назначение системы, построенной людьми, на первом уровне бывает задано теми, кто ее проектировал. Позднее пользователи системы приспособливают ее к своим собственным целям. «Окончательная» цель или назначение могут быть не осознаны создателем системы, как было в случае использования ядерной энергии. В этом смысле систему следует всегда рассматривать в связи с ее пользователями, а не с создателями, так как не они определяют ее окончательное назначение.



Если основные цели и точки зрения создателей и пользователей различаются, то описанные ими системы могут также различаться, особенно это касается вопросов политических и социальных воздействий. Эти различия могут привести к конфликту, если одна группа нуждается в действиях, которые блокируются другой группой. Система может иметь более чем одно назначение в зависимости от точки зрения наблюдателя. Например, недавнее исследование [10] показало, что некоторые люди рассматривают систему уголовного судопроизводства в основном как карательную, поскольку она накладывает санкции на нарушителей закона, в то время как другие смотрят на эту систему как на совокупность сосредоточенных на предотвращении преступлений средств, которые начинают действовать прежде, чем нарушение произойдет.

Существует еще одна группа людей, которые воспринимают систему уголовного судопроизводства как средство для выработки многих типов социальных услуг и помощи гражданам. Очевидно, различное восприятие назначения системы может приводить к существенным различиям оценок или мер поведения системы. При попытке оценить поведение различного рода систем исследователи обнаруживают, что многочисленные методы оценки терпят неудачу при объяснении множественных и конфликтных восприятий назначения системы [20]. Поэтому невозможно оценить поведение системы без синтеза конфликтующих точек зрения.

Отдельное лицо может не рассматривать систему все время одним и тем же образом. Его точка зрения может зависеть от того, как она взаимодействует с другими системами, которыми он также пользуется. Например, биолог может иногда рассматривать вирус как растение, а иногда — как живое существо в зависимости от того, как вирус ведет себя в среде.

Разные люди (или даже одно и то же лицо) могут находить, что существующая система имеет различные назначения. Например, абориген может рассматривать автомобильный мотор как источник тепла для приготовления пищи, в то время как член технологически развитого общества рассматривает мотор как средство, преобразующее энергию топлива в движение колес. Наоборот, заданное назначение может быть удовлетворено многими различными системами. Например, человека может транспортировать автомобиль, самолет или лошадь.

Так как назначение существенно для определения оценки системы и связано с точкой зрения людей, являющихся частью системы, необходимо включить в наше определение множество перспектив и возможных различий между ними, которые могут приводить к конфликту. Таким образом, любая система обладает потенциалом для конфликта по целям и выполняемым функциям. Мы говорим о системах различного вида как о потенциально конфликтной среде. Основная проблема в теории систем, и особенно в социаль-

ных системах,— как достигнуть соглашения по назначению в качестве первого этапа разрешения конфликтов.

Организации как системы не могут изучаться изолированно от участников. Когда люди являются компонентами системы, их поведение либо способствует, либо препятствует осуществлению назначения. Человеческий фактор целеустремленных систем делает их менее предсказуемыми и управляемыми по сравнению с механическими системами.

Отсюда следует, что в социальных системах для достижения их назначения люди должны сотрудничать с безусловной целью — заставить систему лучше функционировать. Людям следует понимать, что их вклад в систему важен, лучше чувствовать побуждение и творческое начало при выполнении задач. Качество рабочей среды, интеллектуальное стимулирование работы и личный вклад в выход продукции — все это содействует выполнению назначений системы.

Для создания атмосферы сотрудничества в системе менеджеров должен проявить лидерство и быть способным побуждать людей к деятельности, не манипулируя ими. Разрешение конфликтов таким образом, чтобы «проигравшие» связывали себя с организацией, является задачей, которая требует специальных знаний при обсуждении стратегий, арбитраже или разработке структуры организации.

## НАЗНАЧЕНИЕ И СРЕДА

Назначения системы тесно связаны со средой, в которую они погружены. Средой окружения системы обычно считают те внешние по отношению к ней факторы, которые влияют на ее поведение. Поэтому, чтобы понять совместимость назначений системы с существующей средой, необходимо изучить среду. Система может выглядеть несовершенной по мере восприятия ее целей, однако она может гармонизировать со средой. Отсутствие понимания связи между индивидуумом и средой может вновь стать причиной построения систем, находящихся в конфликте со средой. Система с ясным и желаемым назначением, но плохо согласованная со средой будет неудовлетворительно функционировать. В наше время существуют прекрасные жилые комплексы, быстро приходящие в упадок из-за того, что они не приспособлены либо для людей, которые живут в них, либо к окружающей среде.

Система может быть связана со средой посредством следующих критериев:

1. *Назначение.* Совместимо ли назначение системы со средой, как мы ее понимаем? Если нет, то следует модифицировать назначение, отказаться от системы или придать системе новый вид и приспособить к среде.

2. *Построение.* Построение включает сборку компонент системы, чтобы они гармонично взаимодействовали как между собой, так

и со средой. Назначение часто модифицируется с целью приспособления системы к тому, что она может реализовать, и цикл повторяется.

3. *Оценка.* Совместима ли система со средой? Выполняет ли она эффективно свое назначение? Предлагает ли действующая система дополнительные цели, которые могут быть достигнуты, если произвести небольшие модификации?

Проблему, которая возникает в определенной системе, можно рассматривать или как неправильное функционирование в самой системе, или как пороки во взаимодействиях системы со средой. Интерфейс системы со средой — отдельная проблема как самой системы, так и среды. Решение одной проблемы может привести к возмущению других факторов в системе или в ее интерфейсе со средой. Более того, решение проблемы может возмутить систему даже после значительного промежутка времени. Например, достижение расовой интеграции школ путем принудительной езды в одном автобусе для детей всех рас возымело весьма значительные воздействия на систему общественных школ через более чем десять лет. Ухудшение контингента в общественных школах вызвало понижение качества образования. Более того, критики утверждают, что принудительная езда в автобусе может фактически интенсифицировать расовую сегрегацию, так как расовые меньшинства не могут позволить себе альтернативу в виде частной школы.

#### ОГРАНИЧЕНИЯ НА ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ НАЗНАЧЕНИЯ

Несмотря на значительные усилия высококвалифицированных аналитиков и других исследователей, занимающихся решением проблем, социальные системы редко осуществляют свое назначение. Здесь рассматривается несколько заслуживающих внимание барьеров на пути к осуществлению этих целей.

##### А. Внутренние ограничения

1. *Восприятие.* Взгляды отдельных людей на мир формируют восприятие ими среды и могут усиливать или мешать способности идентифицировать и дифференцировать альтернативные потребности и цели, средства их достижения.

2. *Уникальные проблемы.* Часто при детальном изучении возникших потребностей оказывается, что они слабо структурированы и не существует предопределенного набора упорядоченных процедур, которые бы их удовлетворяли. С каждой потребностью или набором потребностей приходится действовать по-новому.

3. *Конфликт.* Осознанные потребности бывают источником конфликта в системе, когда лица, принимающие решения, не могут прийти к соглашению по определению проблемы или же расходятся во мнении о самом назначении, что приводит к нечетким макро-целям и целям. Часто после значительных усилий, затраченных на

формулирование основных принципов и по возможности одновременного удовлетворения множественных и конфликтных целей, обнаруживается, что получившаяся в результате достигнутого компромисса система больше не имеет первоначального назначения.

4. *Инерция*. Важные решения, принимаемые человеком, иногда приписываются неконтролируемым социальным силам, а не отдельным лицам. Когда процесс становится менее чувствительным и адаптивным, отдельные лица костенеют, а бюрократия становится мощнее.

#### Б. Ограничения среды

1. *Динамика и планирование*. Это стремление в основном связано с тщательностью попыток предсказывать и планировать будущее. Большое число факторов, влияющих на решения, их взаимозависимость и постоянные изменения, препятствуют идентификации «оптимального» решения, если в действительности таковое имеется. Неясно, чего можно достигнуть в такой «путанице».

2. *Турбулентность*. Сложные сети межсистемных отношений в комбинации с динамикой среды могут создать «турбулентность», которая препятствует свойству любой единичной системы выживать и эволюционировать на основе ее собственных адаптивных способностей [11].

3. *Обратная связь с запаздыванием*. Реакция на действие системы или на соответствие ее назначению может не иметь места немедленно. Так как за время пока наконец появится обратная связь, могут произойти многие события, результаты ее воздействий могут быть неверно истолкованы или на них могут не обратить внимания, т. е. они могут быть недоиспользованы при регулировании поведения системы. Тем не менее необходимы методы приспособления обратной связи для регулирования в системе.

Эти ограничения на целенаправленный выбор должны быть добавлены к перечню более очевидных ограничений, таких, как ограниченные технические, финансовые или людские ресурсы. Таким образом, приходим к пониманию того, что оптимизация — идеал, нечто недостижимое на практике. Несмотря на наличие изощренных методов оптимизации, в общесистемном смысле необязательно наилучшим путем является попытка оптимизировать, а не просто удовлетворять [25]. В реальной жизни сложность и быстрые изменения в факторах и ограничениях оставляют мало времени для такого рода точности, которая может быть приемлема в большей мере эстетически, но не имеет практического значения. То, что факторы могут изменяться или воздействовать с задержкой, проясняет вопрос о том, почему часто нам не так важна оптимизация, как удовлетворение разумным уровнем. Похоже, что природа выбрала последнее, и только иногда у нас есть возможность доставить себе удовольствие оптимизировать обдуманно и сознательным образом.

Традиционный довод, что наука предлагает только фактические, а не этические или ценностные утверждения, в наше время считается не очень конструктивным для системного мышления, особенно в дискуссиях о целеустремленных системах. Целеустремленные системы зависят от ценностей, обременены ими. Это — избирательные системы, которые выбирают из существующих альтернатив, основываясь на нормативных утверждениях, таких, как «следует» и «должен». Поиск предпочтительных исходов производится со значительными этическими и ценностными подтекстами. Даже существенно объективные утверждения факта, который подкрепляется точными данными, могут оказаться основанными на нормативных утверждениях. Ясно, что нормативные утверждения могут быть подвергнуты сомнению.

Истинно независимое от этики и ценностей исследование лишено содержания, так как оно не соприкасается осмысленным образом с нашей жизнью [22]. Наличие ценностей не означает, что мы должны отказаться от поиска объективности. Скорее, нормативные утверждения этики и ценностей могут быть вынесены на поверхность для открытых дебатов и фактически внести вклад в рациональную объективность. Их можно трактовать как фактические утверждения. Ясно, что при ведении системных исследований и методологий, построенных для этих исследований, резервируется место для дискуссий по этике и ценностям.

## 4.3. ФУНКЦИИ

*Функции* представляют собой преобразования назначения в действие. Эти действия могут быть затем названы событиями, которые реализуют назначение. Полезно рассматривать функцию компоненты в качестве совокупности ее состояний в пространстве и во времени. Например, функцией колеса является набор всех его положений при вращении; когда колесо не крутится, считается, что оно не выполняет соответствующую функцию.

Функции могут надстраиваться последовательно одна на другую, как на сборочном конвейере. На каждом уровне производятся операции, которые добавляют продукту новую особенность. Процесс продолжается до тех пор, пока продукт не достигнет окончательного вида. В этом примере можно принять более широкую перспективу, интерпретируя весь сборочный конвейер как одну функциональную компоненту большей системы (промышленного завода). Другие функции, такие, как конструирование продукции, тестирование, маркетинг, исследования и разработки, осуществляются более или менее изолированно, однако они дополняют друг друга при воплощении назначения всей операции.

Во взаимодействии между функциями двух или более компонент часто возникает непредвиденное или внезапно проявляющееся

свойство, которое не обнаруживается в любой отдельной компоненте. Например, трудно понять назначение отдельной части автомобиля, однако ее назначение становится ясным, когда мы видим эту часть во взаимодействии с другими компонентами, т. е. когда автомобиль движется.

Одна и та же функция может осуществляться несколькими различными путями. Можно классифицировать системы по степени свободы, которая обнаруживается при осуществлении функций. В механических или робототехнических системах конструктором программируются функциональные преобразования в системе. Назначение функций — удерживать систему в устойчивом рабочем состоянии. Множество функциональных преобразований, осуществляемых любой механической системой — конечно, и при решении вопроса о том, как они должны осуществляться — в системе нет выбора.

В биологических системах функциональные преобразования определены генетическим кодом, однако изменения в окружающей среде могут их модифицировать. Биологическая система не может самостоятельно определить свое назначение или цель, но она может выбрать функции для достижения запрограммированной цели. Например, органы человеческого тела выделяют разнообразные антитела для борьбы с вирусом. Если антитело терпит неудачу, орган может выделить антитело другого типа для достижения цели. Таким образом, биологические функции могут меняться из-за различных воздействий среды.

Человек как целеустремленная система обладает свойством осуществлять одну и ту же функцию различными способами. Естественно, число способов осуществления функции ограничено теми целями, которым предназначены служить эти функции. Тем не менее в большинстве случаев человеческие системы в основном имеют возможность выбора между несколькими стратегическими или тактическими функциями.

#### 4.4. ПОТОКИ

Все функции выполняются посредством *потоков* энергии, материи, людей или информации. Система может иметь несколько потоков одновременно. Известны следующие типы потоков:

- транспортировка и хранение материи;
- преобразование и излучение энергии;
- преобразование информации;
- переход из одного состояния в другое;
- расход энергии одного типа на высвобождение энергии другого.

В конкретном смысле поток есть движение материи и энергии. Структура является, по существу, множеством ограничений на потоки в пространстве и во времени. Она инициирует потоки, направляя их по каналам вдоль определенных путей, подвергает

их различным превращениям с задержкой во времени, допуская иногда регулирование и обратную связь. Структура может изменяться во времени сама по себе, поток тоже может изменить структуру, например, в случае изнашивания в результате постоянного потока. Структура (которая является системой в рамках системы) может также меняться вследствие роста, эволюции или упадка, таким образом, структура, в свою очередь, влияет на эффективность потока.

Потоки, необходимые для стабилизации или сохранения первичной структуры (такие, как поток крови к ткани), называются *поддерживающими* потоками. Другие потоки, которые являются результатом структурного воздействия, могут быть потоками *отходов* или потоками *продукции*.

Движение жидкости дает простой пример того, как поток в трубах ограничивается первичной структурой. Некоторые из более сложных потоков, такие, как рассеивание, радиация или связь, также управляются структурами, через которые они проходят, хотя и более запутанным образом, чем потоки жидкости. Например, коммуникационный поток в иерархических организациях может быть жестко закреплен за определенными «каналами», границы которых не определены в отчетливых физических терминах; однако влияние «каналов» может быть тем не менее весьма реальным. Традиции организации, нормы поведения, неписанные правила эффективности и просто здравый смысл диктуют «кто кому выговаривает». Таким путем организационная структура накладывает ограничение на коммуникационный поток и упрощает эффективную работу системы.

В любой структуре существует несколько уровней потока. Например, имеются потоки, входящие в красные кровяные клетки и выходящие из них. Эти потоки являются частью общего потока крови. Имеются потоки на уровне органических молекул, из которых построены клетки. Имеются потоки между атомами, которые, в свою очередь, являются частью органических молекул. Человеческий организм содержит множество потоков, которые взаимодействуют друг с другом. Ни один из этих потоков сам по себе не может казаться значительным для человеческого ума. Тем не менее вместе эти потоки поддерживают жизнь.

Причины, по которым осуществляемые через поток преобразования и изменения являются основой для понимания, заключаются в том, что для осознания вещи, по определению, требуется разнообразие от тождественности к несходству. Быть сознательным — значит заниматься самонаблюдением и внутренне осознавать наблюдаемые изменения. Идея преобразования ассоциируется с комбинированием вещей определенными способами для создания новых сущностей (т. е. с законом композиции). Изменяться — значит искать разнообразия. Изменение — самое основное свойство всего сущего. Для того чтобы система функционировала, она

должна искать изменения в каждое мгновение, даже если процесс повторяется.

Потоки, как и структуры, которые их ограничивают, не остаются статичными во времени. При изменении структурной композиции системы меняется также характер потока. Многие управленческие инновации, такие, как бюджетирование на нулевой базе (Zero-Based Budgeting), требуют структурной реорганизации, которая кардинально меняет внутриорганизационные коммуникационные и ресурсные потоки.

Потоки могут также изменяться без предшествующих или запаздывающих изменений в структуре. Например, у многих растений и некоторых животных есть периоды спячки, во время которых структурные и функциональные расположения компонент остаются одними и теми же, однако потоки питательных веществ и источники энергии меняются, т. е. метаболический процесс замедляется.

Физическим потокам необходима некоторая сила для приведения в движение материи или энергии в структуре. Насос или сила тяжести проталкивает жидкость по трубам, а передатчики посылают радио и телевизионные сигналы по воздуху. Есть соответствие между возможностями, заключенными в движущей силе, скорости, направлении или длине потока.

В социальных системах обнаруживается, что невозможно точно разделить причинно-следственные отношения между движущими силами и потоками. Социальные силы, такие, как преобладающие экономические условия в определенном регионе, могут частично определить миграционные потоки людей в этот регион и исходящие из него; однако невозможно измерить точно отношения между силами и потоками.

#### 4.5. СТРУКТУРЫ

Как и многие слова, слово «*структура*» применяется для объяснения большого множества конкретных объектов и абстрактных идей, однако в общем его смысл можно понять из контекста, в котором оно применено. Когда сосед говорит нам, что его новый дом структурно несовершенен, можно сделать некоторые предварительные выводы, в частности, плохо залит фундамент или перекошены стены. Аналогично, когда кто-то говорит, что его жизнь структурирована, можно сразу же предположить, что он имеет в виду высокую степень рутинности повседневных занятий.

В словаре теории систем структура имеет определенное концептуальное значение. Во-первых, нужно различать понятия *формы*, *совокупности* и *структуры*.

*Форма* есть внешний общий вид объекта безотносительно к его сущности, учитывающий устройство его частей. Два таких объекта, как клубок бечевки и шар из воска, могут иметь различное содер-



жание, но одну и ту же форму. Форма есть геометрическое понятие, относящееся к соединению вещей или идей.

*Совокупность* есть соединение или набор частных в единое множество или в сумму безотносительно формы или порядка (как вещи в рюкзаке бродяги).

*Структура* есть множество частей или форм, которые находятся во взаимодействии в специфическом порядке (холизм) для осуществления функции. Структура обладает свойством существовать в течение определенного периода посредством связующего приспособления для сохранения частей и их отношений приблизительно в одном и том же порядке, реагируя на воздействия среды.

Структуры являются соединениями компонент, которые, в свою очередь, являются соединениями элементов. Все соединения устроены так, чтобы сделать возможным некоторый вид потока. Структурное построение и расположение растения таковы, что вода, питательные вещества и солнечная энергия проходят через его структуру, поддерживая жизнь. Любое структурное повреждение может воспрепятствовать функции растения и привести к структурному распаду. В [21] отмечается, что структура системы сохраняется и обогащается через ее функциональные трансформации; в то же время структура облегчает эти превращения. Это взаимоотношение характеризуется цикличностью и обоюдной зависимостью.

В организациях и в более широкой социальной структуре имеются связывающие силы, которые поддерживают форму структуры. *Внешне порожденные силы* — это такие силы, источником которых является сама социальная структура. Они включают нормы поведения, нравы, моральные кодексы и т. д., а также формируют наше индивидуальное поведение и связи между нами и другими одинаково мыслящими людьми или группами. *Внутренне порожденные силы* — это уникальные для индивидуума силы. Они включают личные потребности, такие, как физические средства к существованию, отдых, общение, самоудовлетворение и т. п. Все это потребности, которые побуждают каждого из нас формировать некоторые способы соединения с тем, кто нас окружает; эти потребности очень сильны и уникальны для каждой личности.

Отличия расположения и сцепления элементов в социальных структурах или организациях порождает много проблем, так как каждый элемент сам является целеустремленной системой. Отдельные лица или группы людей обладают возможностью в некоторой степени ограниченного контроля над своим местом в рамках социальной структуры, частично определять степень взаимодействия с другими компонентами структуры. В качестве систем люди действуют независимыми путями, делая понятия социальной структуры более слабыми, чем аналогичные понятия в механике или биологии. Структура в социальной сфере относится к абстракции — чему-то,

что может быть воспринято, и чьи границы могут быть представлены; однако эта структура не может быть разделена, как в случае механической или биологической структуры.

Для практических целей нужно упростить представление структуры с целью идентификации ее элементов и их взаимосвязей. Одной из простейших моделей такого представления является *сеть*. Концепция сети может быть использована для описания фактических «структурных» связей элементов системы, что часто делают при решении задач, возникающих на транспорте, или же она может быть абстрактным «функциональным» представлением взаимодействий между компонентами, как в иерархическом представлении различных уровней регулирования и управления организации. Анализ социальных сетей в последнее время стал популярным средством для изучения распространения идей в обществе. Например, несколько исследователей использовали сетевой анализ для объяснения и предсказания распространения инноваций среди служащих местного самоуправления и во властях штата [24, 15]. В этом контексте показательно, что поток информации в рамках социальных сетей поддерживается и направляется рассеивающей «инфраструктурой» [23], которая характеризуется формальными связями между производителями, потребителями и потенциальными пользователями инноваций.

Организационные структуры изменяются в соответствии с целями их создателей, менеджеров и компонент. Они меняются по мере восприятия новых потребностей, отождествления новых функций и построения соответствующих этим функциям новых потоков. Они также меняются по мере эволюции, реагируя на возмущения, поступающие из среды, допуская новые структуры, которые делают их менее уязвимыми к возможным повреждениям. Ввод в силу неметного числа законов социального обеспечения, последовавших за Великой Депрессией, и законодательства о гражданских правах, последовавшего за расовыми волнениями 60-х годов, являются примерами структурной эволюции. Часто обновление структуры — временная «тактическая» реакция на условия среды. Таким образом система «выигрывает» время на формирование холистической, или «стратегической», реакции. Например, согласно теории непредвиденных обстоятельств организационного развития более вероятно, что фирмы децентрализуют их внутреннее структурное устройство в качестве реакции на быстро меняющиеся условия среды, такие, как сильная конкуренция, введение новой продукции, изменение экономических условий и т. п. Наоборот, при относительно статических условиях окружения более вероятно, что организация допустит централизованное и жестко упорядоченное иерархическое расположение. Обновление структуры всегда осуществляется для упрощения движения новых потоков, которые выполняют функции, преследуя новые макроцели и цели [16]. Поэтому организации обычно мыслятся как самоорганизующиеся системы.

#### 4.6. ХАРАКТЕРИСТИКА ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ

Традиционно люди рассматривали три основные категории систем: 1) системы *перехода*, в которых происходят изменения из состояния в состояние с какой-либо целью или без нее; 2) системы *адаптивного управления*, которые могут быть построены для проведения изменений в текущем состоянии или перехода к другому желательному состоянию посредством соответствующей обратной связи и информации; 3) *обучающиеся* системы, которые могут изменяться от состояния к состоянию, переопределяя цели системы (процесс, который требует воображения, приспособляемости и оригинальности).

Основным методом характеристики систем в терминах потока является отождествление их с открытыми или замкнутыми системами. Система открыта, если она обменивается материей, энергией или информацией со средой, осуществляет импорт или экспорт, синтез или расчленение материальных компонент среды.

По определению единственной известной полностью замкнутой системой является Вселенная. Все находится в ее пределах, ее граница пуста, и ничего не пересекает ее границу. Если ничто не пересекает границу системы, то система считается *замкнутой*. Замкнутая система не взаимодействует со средой.

Концепция замкнутой системы интересна только в интеллектуальном плане. Чтобы способствовать лучшему пониманию этой концепции, можно использовать такое приближение замкнутых систем, как экономическая система Робинзона Крузо. Конечно, такая система взаимодействует со средой, так как поглощает солнечную энергию, однако она замкнута в смысле перемещения товаров и услуг.

Открытая система — это система, которая взаимодействует с окружающей средой. Несмотря на тот факт, что зачастую понимание или знание того, что определяет границу системы и что пересекает эту границу, нечетко и не может быть легко установлено, к такому определению открытой системы относятся сравнительно спокойно. Специфика окружения определяет ограничения на обмен через границу системы. Каждая открытая система заключена в некоторой замкнутой системе (Вселенной?). Если замкнутая система  $C$  должна быть включена в систему  $S$ , то  $C$  будет невозможно изучать, исследуя назначения  $S$ , кроме того, она не будет влиять на что-либо в  $S$ . Поэтому не имеет смысла изучать включение  $C$  в  $S$ . Таким образом, мы утверждаем: 1) замкнутые системы не могут быть подсистемами любой системы; 2) соответственно *все подсистемы открыты*.

Замкнутой системе в положении равновесия не требуется энергия для сохранения этого положения, энергия также не может быть получена из нее. Например, замкнутый резервуар содержит большую (потенциальную) энергию, но она не может привести в дви-

жение двигатель. То же самое верно и для химической системы в положении равновесия. Это не состояние химического покоя; наоборот, постоянно протекают реакции, которые регулируются законом сохранения массы таким образом, что ионы появляются с такой же скоростью, с какой исчезают. Тем не менее из этого химического равновесия не может быть получена какая-либо работа, и оно не требует работы извне. Алгебраическая сумма работы, полученная или использованная элементарными реакциями, равна нулю. Для выполнения работы необходимо, чтобы система была не в состоянии равновесия, но стремилась к нему.

Основное различие между открытыми и замкнутыми системами состоит в том, что последние должны со временем достигнуть неизменного состояния химического и термодинамического равновесия, в то время как открытые системы могут при определенных обстоятельствах достигнуть независимого от времени состояния, которое называется устойчивым. Одно и то же устойчивое состояние может быть достигнуто при различных начальных условиях. В этом состоянии состав системы остается постоянным, несмотря на непрерывное взаимодействие элементов со средой. Специалисты по теории систем определили несколько свойств открытых систем, которые могут быть полезны при изучении социальных систем. Ниже эти свойства перечислены и в общих чертах обсуждаются.

#### СВОЙСТВА ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ

Открытая система обладает одним или несколькими из следующих свойств, которые вызывают изменение назначения, функции, потока или структуры системы. Некоторые из свойств могут быть несовместимыми, так что одна и та же система не может обладать всеми этими свойствами.

1. *Целостность*. Пусть система определена как множество переменных. Говорят, что она ведет себя как целое, если изменения одной переменной вызывают изменение всех других переменных (это может иметь место в пространстве, во времени, в пространстве и во времени одновременно). Изменения могут произойти не сразу. Это — *холистическая* система. Пример холистической системы — система линейных дифференциальных уравнений

$$\dot{x}_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j, \quad i = 1, \dots, n \text{ и } a_{ij} \neq 0 \text{ для всех } i \text{ и } j.$$

Эти уравнения означают, что скорость изменения отдельной координаты может быть выражена как линейная комбинация всех других координат. В этом случае изменение интерпретируется относительно времени и его определяют только пространственные изменения. Возможно, наилучшим примером, иллюстрирующим целостность, является человеческий организм, в котором правильное

функционирование частей зависит друг от друга. Организации, в частности промышленные фирмы, также ведут себя как целое, так как успех каждой фазы процесса производства обусловлен успехом предыдущей и последующей фазы.

2. *Суммируемость*. В некоторых системах каждая переменная может быть рассмотрена независимо от других переменных. Отклонение всей системы есть (физическая) сумма отклонений ее отдельных элементов. В качестве примера возьмем систему, представленную следующим образом:  $\dot{x}_i = a_i x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Целое есть сумма его частей, т. е.

$$\sum_{j=1}^n \dot{x}_j = \sum_{j=1}^n a_j x_j.$$

Имеется немного хороших примеров этого, так как всякий раз, когда мы используем информацию для упорядочения множества разрозненных частей, целое будет иметь новое упорядочение, которое превосходит сумму частей. Пожалуй, даже группа камней больше, чем отдельные камни, если их сложить для какой-то цели.

Комки вещества можно рассматривать как совокупность отдельных частей, несмотря на сцепление между этими частями. Ясно, что чем богаче воображение, тем шире цель, которая отождествляется с чем-нибудь, и можно заметить больше соотношений между частями. Таким образом, суммируемость есть свойство, которое изредка присуще социальным системам, таким, как организации.

3. *Дифференциация*. Открытые системы развиваются в направлении дифференциации и совершенствования, например специализация ткани. В качестве примера структурной дифференциации возьмем систему из двух уравнений  $\dot{x} = x + e^{-t}y$ ,  $\dot{y} = e^{-t}x + y$ , которая суммируема только при  $t \rightarrow \infty$ .

Ясно, что в большинстве систем различные части выполняют различные функции и части системы не могут быть взаимозаменяемыми. Фактически части предназначены для специализации по функциям. Аналогично биологические системы развиваются от малого однородного существа, только потенциально целеустремленного к большей, разнородной и целеустремленной системе, и проходят путь эволюционного развития, которое является причиной разнообразия и дифференциации.

4. *Механичность*. Постепенное обособление: взаимосвязь некоторых элементов уменьшается со временем (см. п. 3). В результате этого можно выявить возрастающую тенденцию к изменениям в элементах, которая определяется только самими элементами. Постепенное обособление приводит к потере регулируемости. До обособления система является единым целым, в котором управление может быть избирательно применено к одной или нескольким переменным для наиболее сильного воздействия на остальные.

Иногда семья представляет пример того, как постепенное развитие отношений со временем переходит в обособление. По мере взросления дети становятся независимыми, забывая свои корни и прежнюю зависимость от родителей. Они сами управляют своей судьбой, ставят перед собой новые цели и даже создают новые системы в виде семей, организаций и т. п.

5. *Централизация.* Со временем одна из частей системы становится все более и более доминирующей. Изменения в этой части вызывают изменения в других частях, однако обратное не имеет места. В качестве примера возьмем  $x_1 = a_{11}x_1$ ,  $x_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2$ , ...,  $x_n = a_{n1}x_1 + \dots + a_{nn}x_n$ . Здесь  $x_1$  — доминирующий элемент, а  $x_n$  — в наибольшей степени зависимый от остальных. Примером управления только одним элементом является система, описанная уравнениями:  $x_i = a_{i1}x_1 + a_{ii}x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Система, которая иллюстрировала целостность, может быть определена как взаимодействие, частным случаем которого является предыдущий пример.

По мере того как организации растут и происходит обособление отдельных частей, для достижения по крайней мере минимального приемлемого уровня координации между частями может быть необходим децентрализация. Кроме того, некоторым типам организаций свойственна большая централизация, чем другим. Правительственная бюрократия, например, стремится к большей централизации, чем частные корпорации.

6. *Преобразование энергии:* поток энергии, входящий в систему, называется входным.

Преобразование вошедшей энергии в самой системе называется проходом (часто описывается алгоритмом или рядом правил, которые поэтапно определяют преобразование входного потока).

Поток энергии, выходящий из системы в виде продукции или отходов, называется выходным.

В качестве примера системы, описанной с помощью этих понятий, могут служить уравнения  $x = f(x, u, t)$ ,  $y = g(x, u, t)$ , где  $u$  — вход или управление,  $x$  — проход или состояние и  $y$  — выход. Отметим, что  $u(t)$ ,  $x(t)$  и  $y(t)$  могут быть стохастическими функциями  $t$ .

Биологические системы представляют наглядные примеры этой концепции, так как они потребляют питательные вещества, преобразуют их в энергию и выделяют продукты отхода. Механические и архитектурные системы также преобразуют энергию.

7. *Информационный вход, отрицательная обратная связь и процесс кодирования.* Наряду с энергией на входе системы может быть и информация.

Простейшая форма обратной связи в системе — отрицательная обратная связь, которая позволяет системе корректировать отклонения от курса (например, термостат). Погрешности корректируются после того, как они появляются. Если отрицательная обрат-

ная связь в системе прерывается, то исчезают установившиеся состояния, а также границы системы. В этом случае система, состоящая из управляющего и управляемого устройств, временно прекращает функционирование. При положительной обратной связи система сообщает себе программу последующего функционирования.

Кодирование представляет собой избирательный механизм, согласному которому возможный входной поток либо принимается и используется, либо отвергается. Это — фильтр.

Человеческий организм снабжен не только специализированными сенсорами, которые реагируют на стимулы внешнего окружения и увеличивают шансы на выживание, но и фильтрующими значительное количество информации во избежание перегрузок. В мире бизнеса также вырабатываются способности ощущать изменения в конъюнктуре и отфильтровывать релевантную информацию, используя знание и опыт аналитиков рынка, плановиков и экспертов по общественным отношениям.

8. *Отрицательная энтропия.* Согласно второму закону термодинамики по мере движения замкнутой системы к состоянию равновесия она стремится к максимальной энтропии или дезорганизации, соответствующей минимальной информации. Открытые системы могут изменить это стремление к максимальной энтропии, получая внешнюю по отношению к системе свободную энергию, и этим поддерживают организацию.

9. *Рост с течением времени.* Два примера функционального роста представляют собой экспоненциальный рост  $x = ax$  и логистический рост  $\dot{x} = (a - X)x$ . Для эволюции структуры имеем  $x = a(t)x$ ,  $a(t) = \alpha t$ .

10. *Равновесие, устойчивость, установившееся состояние и динамический гомеостаз.* Ввод энергии с целью задержки роста энтропии оказывает воздействие, способствующее сохранению некоторого постоянства при обмене энергией таким образом, что выжившие открытые системы характеризуются установившимся состоянием, которое является не истинным равновесием, а некоторой разновидностью динамического равновесия (катаболические и анаболические процессы сохраняют установившееся состояние).

Динамический гомеостаз подразумевает сохранение биологического состояния, так как характерная для гомеостаза постоянная физическая среда уменьшает влияние непостоянства и возмущающих эффектов внешних стимулов. Поэтому организм не просто восстанавливает прежнее состояние равновесия, а устанавливает более сложное и разностороннее равновесие. Например, выработка привычки есть до того, как наступает сильный голод, — более сложное состояние равновесия, чем просто реакция на голод. В результате лучше сохраняются основные свойства системы. Иллюстрацией может служить модель «хищник — жертва»:  $\dot{x} = ax - bxy$ ,  $\dot{y} = cy + dxu$ ,  $a, b, c, d \geq 0$ .

11. *Цикличность событий.* Устойчивость также характеризуется циклическим повторением событий, происходящих в системе. Большинство систем, естественных или созданных человеком, осуществляют свои функции циклично через определенные промежутки времени. В течение этого процесса к системе добавляются разные функции. Цикличность в наибольшей степени присуща механическим системам, когда они осуществляют свои функции. Таким образом в них поддерживается устойчивость.

Различные системы, для которых характерны циклические повторения функций, сами могут участвовать в большем циклическом процессе. Например, отходы, используемые в качестве удобрений, ускоряют рост продуктов земледелия, порождая цикл.

12. *Странный аттрактор.* Физики, изучающие хаотические движения, недавно обнаружили новое свойство систем. Они ввели понятие аттрактора. Если налить воду в кастрюлю и встряхнуть ее, то через некоторое время она перестанет образовывать водовороты и перейдет в состояние покоя. Этот вид равновесия есть простейший аттрактор, который математики называют неподвижной точкой. В периодическом движении маятника всегда существует неизменный цикл, который имеет много разновидностей и называется предельным. Все разновидности предельного цикла предсказуемы и составляют второй вид аттрактора. Третья разновидность называется странным аттрактором. Обнаружено много физических систем, имеющих встроенные в них источники нарушений, которые не могут быть заранее предсказаны. Примером может быть погода, другим примером — место остановки шарика во вращающейся рулетке. Бывает, что при наблюдении водопада, ниспадающего каскадом по зубчатным скалам, наблюдателя внезапно забрызгивает струя холодной воды. В экспериментах наблюдали за краном, из которого нерегулярно капали водяные капли (хотя промежутки между падениями должны быть регулярными и предсказуемыми). Это происходит несмотря на то, что вентиль зафиксирован, поток воды — постоянен и, казалось бы, ничто не возмущает систему. Результаты опыта никогда не повторяются. Итак, новая теория утверждает, что существуют системы, не предсказуемые вовсе не из-за отсутствия знаний, с помощью которых обычно моделируют, используя вероятностные законы.

13. *Завершенность назначения.* Статическая завершенность, или соответствие, означает, что система реагирует одинаково независимо от внешнего стимула. Она может полностью подходить для одних стимулов, но полностью не соответствовать другим. Например, защитная реакция животного, заключающаяся в изменении окраски, одна и та же независимо от того, какого рода действовал стимул, внешний или внутренний. Статическая завершенность может быть описана просто как изменение одного предсказуемого состояния в другое.



Динамическая завершенность означает направленность процессов:

а) поведение направлено к конечному состоянию, как если бы оно в настоящем зависело от конечного состояния (целеустремленная система). Если  $\dot{x} = ax$ ,  $x(t_0) = x_0$ , то имеем  $x_0 = x(t) \exp [-a(t - t_0)]$ ;

б) направленность, основанная на структуре системы, означает, что структурное устройство предопределяет процесс таким образом, что достигается определенный результат;

в) эквифинальность, или направленность по цели, означает, что система может достигнуть одного и того же конечного состояния при различных начальных условиях и разнообразными путями. Это — форма устойчивости по отношению к начальным и граничным условиям (например, морской еж может развиваться из нормального яйца, из половины яйца или из слияния двух яиц);

г) истинная законченность, или целенаправленность, означает, что фактическое поведение направляется и находится под влиянием предвидения цели. Аристотелева концепция иллюстрируется (г), в то время как философия витализма есть попытка объяснить (б) и (в).

Если в открытой системе достигнуто устойчивое состояние, то оно не зависит от начальных условий и определяется только параметрами системы, т. е. скоростью реакции и перемещения; его называют эквифинальным состоянием. Во многих процессах, происходящих в организме и в физико-химических системах, одно и то же конечное состояние может быть достигнуто эквифинально из различных начальных состояний и после возмущений протекающих процессов.

Устойчивому состоянию присущи регулирующие характеристики, которые интересно изучить, особенно когда состояние эквифинально. Равновесие в замкнутых системах и стационарное «равновесие» в открытых системах представляет определенную аналогию, так как система в целом и расположение ее функциональных частей остается постоянным.

Согласно второму принципу термодинамики физические процессы имеют общую тенденцию к повышению энтропии, т. е. к состояниям, в которых увеличивается роль случайности и уменьшается упорядочение. Живые системы удерживают себя в состояниях с высоким уровнем порядка и низкой случайностью. Они даже могут эволюционировать в более сложные системы. Этот процесс рассматривается некоторыми учеными как случайный, возможный в мириадах комбинаций материи и потоков. Однако затем они утверждают, что в конечном счете второй закон термодинамики сведет этот процесс на нет. Считается, что современная интерпретация мира тесно связана с ограниченным разумом человека, его типом и глубиной остроты, и поэтому могут быть действующие за пределами чувственной реальности более глубокие силы, определяющие

развитие живых существ к более высокой степени совершенства. Изложенное выше частично является философией Тейяра де Шардена.

#### 4.7. ПРЕДПОСЫЛКИ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМНОЙ МЕТОДОЛОГИИ

Методологии для построения и решения системных проблем следует самой быть системной, т. е. она сама должна выявлять большинство признаков, которые используются для описания систем.

Как минимум, методология должна направлять лиц, принимающих решения, к *холистическому* подходу при определении и решении проблем, объясняя взаимодействие элементов в системе. Вместе с тем методология должна основываться на понимании того, что некоторые элементы могут вызывать эффекты независимо (эффект суммируемости) от других.

Методология должна быть в состоянии справиться с проблемами построения и управления, когда системы становятся постепенно более дифференцированными и механичными, т. е. когда взаимозависимость компонент системы становится менее резко выраженной. Сильно дифференцированные и механичные системы могут мыслиться как совокупность структур или как несвязанные компоненты, которые объединяют свои индивидуальные функции посредством потоков, что в результате определяет общее назначение системы. Проблема состоит в том, что отношения между элементами могут быть неявными или неизмеримыми с помощью стандартных приборов или исследовательских методов. Скорее, они объединяются способами, которые могут быть понятны только при изучении системы как целого и иногда как эффекта исключения некоторых частей. Порой суждения о неосязаемых вещах, основанные на обширном опыте, являются единственным способом синтеза разрозненных, но точных наблюдений.

При эффективном подходе к системным проблемам должно быть возможным выделение доминирующих элементов, упорядочение их в контексте системы, рассматриваемой как целое. *Централизация* в системах призывает к использованию прагматического редукционизма для дополнения идеализма холистического мышления. Использование редукционизма предполагает попытки познать систему, разлагая ее на части и в деталях исследуя эти части. Альтернативный этому подход — холизм. Холисты пытаются исследовать систему, проверяя ее функции с точки зрения их отношений с окружающей средой. Попытки управлять системой или модифицировать ее часто упираются в ограничения на финансовые, материальные и людские ресурсы. Поэтому ограниченные ресурсы следует, во-первых, выделить для управления доминирующими элементами. Если позволяют время и ресурсы, за этим может последовать чистая настройка системы посредством видоизменения менее

важных элементов. Идентификации доминирующих элементов должно предшествовать описание системы как целого. Относительное влияние отдельных элементов может быть определено, если провести исчерпывающее попарное сравнение всех элементов.

Таким образом, методология, которая соответствует решению вопроса централизации в системах, должна достигнуть точного баланса между холизмом и редукционизмом. При сборе релевантной информации о системе используются творческие способности лиц, принимающих решения, на *входе* устанавливается желательное назначение и структура системы, идентифицируются составляющие части, указываются альтернативные стратегии вмешательства. Затем процедуры прохождения должны привести проектировщиков к установлению приоритетов среди элементов системы. Кроме того, методология должна быть ориентирована на выход, чтобы облегчить сравнение между альтернативными решениями, помочь проектировщикам прийти к наилучшему решению и применить его.

Наконец, системная методология должна включать *механизм обратной связи*, чтобы существовала возможность браться за вопросы, относящиеся к анализу отрицательной энтропии, эволюции и устойчивости. Как открытая система методология должна использовать информацию из внешней среды для проверки правильности шагов, предпринятых для управления системой или модификации ее назначения. Если принимающие решения не имеют времени ждать эту информацию, то методология должна предоставить возможность промоделировать реакции окружающей среды.

Метод анализа иерархий, который был обсужден в предыдущей главе, включает в себя совокупность характерных признаков открытых систем и поэтому является многообещающим и мощным средством изучения систем. Мало таких методологий, которые всецело охватывают системные свойства.

Методология с различными системными признаками имеет малую ценность, если она не используется при решении задач построения и управления. Это является основным предметом обсуждения следующего параграфа.

#### **4.8. ПРЕДМЕТ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ПОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ**

Вопросы исследования построения и управления систем вращаются вокруг центральной идеи: система должна быть достаточно надежной, чтобы достигнуть определенных целей, т. е. она должна быть устойчивой. Мы исследуем системы, чтобы научиться их строить, управлять и модифицировать их поведение, направлять к достижению целей. Для большинства естественных систем трудно определить надуманные назначения. Так, мы предполагаем, что выживание является назначением. Например, человек представляет собой систему и действует с целью сохранения собственной жизни.

Функционируя для того, чтобы удовлетворить назначение, любая система может подвергнуться возмущениям, которые не были учтены при ее конструировании. Кроме того, начальное множество ограничений при построении системы может не описывать все трудности, которые появятся со временем. Следовательно, чтобы принять во внимание эту возможность, ограничения и цели нужно периодически пересчитывать. Для возвращения системы к желательному режиму необходима информация обратной связи.

Очевидно, что анализ устойчивости систем является основной заботой теории. Так как обычно система состоит из нескольких частей, анализ устойчивости должен проводиться для всех компонент. Полезно исследовать устойчивость структуры и потока отдельно с точки зрения выполнения ими назначения. Полезно также исследовать устойчивость целей системы, поскольку они подвергаются проверкам, изменению, являются источником конфликтов. Наконец, устойчивость системы зависит от других систем, с которыми она взаимосвязана, и поэтому нужно их принимать во внимание. Часто влияние среды бывает настолько велико, что внутренние изменения не могут стабилизировать систему, в этом случае надо исследовать устойчивость во взаимодействии системы и среды.

Анализ устойчивости обычно формулируется на языке *возмущений состояний* системы. Возмущения рассматриваются как непрерывный феномен. Однако известны системы с прерывистым поведением, проявляющимся в форме *катастрофы*, которая представляет собой непредвиденную прерывистость или внезапную неустойчивость в структуре и потоке.

Для рационального восприятия системы принимают во внимание следующее:

1. Допускаются нечеткость значения или конфликтные восприятия назначения (назначений) системы, и система исследуется как процесс, протекающий во взаимодействии со средой.
2. Определяют назначение (назначения) системы, основываясь на входе, который был определен конструктором и пользователями.
3. Описывают систему и ее окружение.
4. Описывают элементы системы и их взаимоотношения.
5. Идентифицируют потоки и функции системы и описывают их изменения.
6. Уточняют проблемы с учетом опыта пользователей.
7. Исследуют условия, которые предопределяют удовлетворяющее назначению равновесие.
8. Разрабатывают средства, создающие устойчивость равновесного состояния по отношению к возмущениям в элементах и в системе, а также во взаимоотношениях между системой и окружающей средой.
9. Определяют способы ввода управляющих воздействий, способствующих устойчивости (или неустойчивости) во времени.

До сих пор теория систем не предоставляла сжатого метода

логического анализа, который мог бы избежать ловушек редукционизма. Однако, придавая особое значение влиянию окружающей среды, она расширила возможности понимания сложности.

Системы и сложность рассматривают, используя различные методы, распространяющиеся от интуитивных помыслов до логического анализа и синтеза. Инженеры исследуют системы на языке входа, прохода и выхода, как в электрических цепях, которые состоят из проводов, сопротивлений, емкостей и т. д. Они также формулируют исследования адаптивных систем управления по аналогичным направлениям. Специалисты по исследованию операций рассматривают системы как сети, в которых максимизируются или минимизируются потоки. Специалисты по вычислительным машинам используют алгебру Буля для исследования отношений и операций в ЭВМ. Специалисты по экономике и прикладной математике, так же как и специалисты по исследованию операций, рассматривают системы как систему уравнений. Системы уравнений описывают структурные ограничения и взаимоотношения потоков. Обычно при этих ограничениях максимизируется или минимизируется функция полезности, которую иногда называют целевой функцией. Специалисты по теории вероятности, включая специалистов по теории очередей, рассматривают системы на языке состояний и переходов между этими состояниями. Некоторые физики описывают систему статистически на языке частиц и столкновений между ними, используя идеи механики и термодинамики. Понятие энтропии сформировало основу теории информации. Специалисты по теории потенциала и топологии использовали понятие поля. Современные бихевиористы рассматривают системы на языке их назначения и взаимодействия со средой.

Ясно, что ученые-физики ориентированы более структурно, не уделяя особого внимания иерархии назначения. Они, пожалуй, жаждут быстро сделать что-то; при работе с естественными объектами должна существовать большая терпимость при экспериментах и доступность многих точных методов измерений. По-другому обстоит дело в областях, в которые прямо вовлечены люди и в которых благосостояние человека, суждения и предпочтения являются частью системы. Следует ответить на много вопросов, прежде чем окунуться в сложные социальные, политические и экономические системы.

Что следует делать, если имеется проблема? Следует пригласить людей, вовлеченных в процессы построения системы, а также в оценку ее функционирования. Часто проблема заключается в том, как определить и модифицировать назначение; как сконструировать систему, которая стремится к желаемому назначению и приспосабливается к нему; как принять во внимание различные воздействия окружающей среды на систему. Это главным образом проблема реконструирования, чем «решение проблем».

Часто не удается исследовать воздействие применения решения

проблемы в пределах системы на функционирование других частей системы. Иногда может быть выгодным оставить проблему нерешенной. Релевантный вопрос, который следует задать: можно ли модифицировать старую систему таким образом, чтобы она сошлась с целями? Как однажды сказал инженер-химик о химическом заводе (и это можно сказать о системах вообще): «Если он не разрушен, не ремонтируйте его». Возможно, эта философия развилась из горького опыта попыток кое-как улучшить некоторые операции в системе.

Если проблема серьезна, то иногда оказывается правильнее исследовать систему заново и сконструировать новую с учетом изменений в целях, среде и поведении старой системы. Для совершенствования технологии, например, предпочтительнее реконструировать старое производство, а не воспроизводить устаревшую технику. Имеющиеся ресурсы часто определяют, следует ли ремонтировать старую систему, заменить ее новой точной копией или создать совершенно новую конструкцию.

Исследователи по конструированию систем и управлению ими заостряют внимание на двух основных проблемах, которые кратко рассмотрены ниже и раскрыты в следующих главах.

*Первая основная проблема теории систем (построение).* Как при заданных макроцелях и целях построить систему, которая успешно их удовлетворит? При заданных ограничениях на возможную конструкцию модифицировать макроцели и цели и продолжать делать это до тех пор, пока не будет достигнута совместимость. Эта проблема решается в теории планирования. Биоинженерия — пример честолюбивой попытки нашего времени сгенерировать и направить живые формы итеративным образом в надежде получить что-то полезное в итоге.

*Вторая основная проблема теории систем (управление).* Как при заданном назначении системы управлять ею и модифицировать ее структуру и потоки, чтобы получить общую (динамическую) устойчивость?

Примером системы, которой мы хотим управлять для того, чтобы стабилизировать, может быть общество со взаимодействующими экономическим, социальным и политическим потенциалами. Простым примером, который можно рассмотреть в деталях, может быть задача стабилизации потока автомобилей или самолетов таким образом, чтобы он мог перевозить из пункта *A* в пункт *B* без серьезных затруднений, несмотря на засорение бензина, дорожные ухабы или воздушные ямы, воздушную турбулентность, присутствие других транспортных средств и т. д. Фактически можно построить превосходные системы, которые обеспечивают предусмотренные назначения. Знание созданных человеком систем может быть полезным (хотя, возможно, обманчивым) при исследовании естественных систем. Хотя все системы предполагаются имеющими структуру и потоки, следует иметь в виду, что созданные человеком

системы наделены причинным назначением при конструировании, в то время как естественные системы развиваются вместе с их назначениями, в которые мы еще не полностью вникли.

Для понимания устойчивости систем нужно разработать критерии для оценки выполнения назначения и методы управления, которые сохраняли бы устойчивость. Две основные характеристики для проверки эффективности множества целей используют понятия *согласованности* и *приоритетов* целей. После проверки согласованности целей каузальный процесс раскрывается через последовательно определяемые приоритеты, что приводит к описанию состояния системы и методов эффективного управления.

В общем случае построения системы и управления ею имеем следующие этапы: определение проблемы, идентификация назначения системы, идентификация переменных и взаимодействие между ними, идентификация функций системы, идентификация среды, генерация альтернативных потоков, определение приоритетов альтернативных потоков, вычисление ресурсов, необходимых для применения каждой альтернативы, определение наличия ресурсов, выбор наилучшей альтернативы с учетом ограничений, применение этой альтернативы, оценка эффективности альтернатив и коррекции плана.

#### 4.9. О ПОСТРОЕНИИ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ

Люди являются адаптивными системами, которые подвергаются как физическим, так и интеллектуальным изменениям, что приводит к коррекциям в назначении или в интенсивности назначения. По мере того как люди становятся старше, их физические силы и инстинктивные потребности могут ослабевать, а интеллектуальные силы возрастать. Верно также, что системы, которые люди построили в прошлом, могут больше не совпадать с их нуждами в настоящем. Чтобы уменьшить быстрое устаревание новых систем, нужно проявить немножко гибкости при конструировании для обеспечения возможности их модифицирования в соответствии с изменяющимися потребностями. Чем больше будет чувствительность этих систем, тем более адекватную реакцию можно от них ожидать. Это означает, что система может продолжать достигать устойчивости при условиях динамического изменения назначения. Однако такая система реагирования может очень дорого стоить. Рассмотрим принятие компромиссов между устойчивостью и адекватностью, неустойчивостью и неадекватностью. Большие инвестиции в системе специального назначения могут возыметь неблагоприятные воздействия на нашу жизнь в виде высокого уровня безработицы по сравнению с небольшими инвестициями в большое число широкораспространенных видов деятельности, которые покрывают наши обширные потребности. Это означает, что не следует окружать себя слишком глубокими окопами, не предпринимая шагов в разных направлениях.

Сегодня это невозможно сделать очень хорошо. Можно было бы сделать это в объединенной лучшим образом мировой экономике. Распределенные малые системы могут быть модифицированы путем малых шагов без губительных последствий для жизни многих людей. В планировании нужно в конечном счете рассмотреть компромиссы между работой большой, хорошо объединенной иерархической системы с простым назначением и многоэлементной многоцелевой сетью малых систем с рассеянными и размытыми взаимосвязями. Теоретически анализировать воздействия и приоритеты подсистем сетевой системы научились только недавно. Тем не менее имеется близкое родство между иерархиями и сетями. Иерархии являются сетями специального вида. Сначала нужно хорошо понять иерархические системы. Несмотря на существенные недостатки, обусловленные более простой формой, иерархическое построение намного шире распространено в конфигурации организаций, чем сетевое. Более того, интуитивно иерархии являются прозрачной структурой для эффективного построения проблем.

Иерархии отражают также сегодняшнее состояние интеллектуального развития. Едва начали понимать иерархические структуры, как мир стал навязывать сложность сетевых структур. Основы теории, изучающей сеть как обобщение иерархии, даны в гл. 8 книги Саати «Метод анализа иерархий» (см. [12] к гл. 3).

В наших приложениях к планированию использовались как иерархии, так и сети. Объединение прямого и обратного процессов планирования по существу представляет собой процесс с обратной связью между двумя иерархиями.



## ЧАСТЬ II

### СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

То, что происходит в мире,— результат взаимодействия друг с другом многих вещей. В связи с ростом сложности без вмешательства людей нельзя быть уверенными, что эти взаимодействия реализуют определенные цели. Однако осуществление наших целей, а также целей других людей являются важными факторами, которые приносят удовлетворение. Поэтому для увеличения шансов на благоприятный исход необходим некоторый контроль над событиями и над отношениями между событиями. Люди планируют таким образом, чтобы стало возможным осуществление их целей.

Иногда люди преуспевали в изменении мира таким образом, чтобы удовлетворить свои цели. В других случаях они слишком поздно обнаруживали, что силы природы или цели других людей противоречат их действиям. В трех главах второй части изучаются различные философии планирования, предлагается новая перспектива и методология планирования.

Опыт решения проблем показывает, что реальность непрерывна, рассеянна и многослойна подобно очень густой масляной краске различной плотности, которая постоянно размешивается в банке. Для описания этого динамически разнородного вещества требуется все время брать пробы различных частей. Иногда проба может быть взята из основных зон концентрации краски; в таком случае можно узнать многое. Иногда проба берется из периферийной зоны с жидкой краской; в этом случае трудно получить исчерпывающую информацию о смеси. Можно надеяться, что если постоянно брать пробы в различных местах, то знания о том, как обращаться с этой сложностью, пополнятся и станут реальным целенаправленно брать пробы и анализировать эту сложность.

Если разрабатывается план для группы людей или для общества, важен вопрос о том, интересы каких людей надо принимать во внимание и как следует определить проблемную область, чтобы удовлетворить конфликтные интересы многих вовлеченных лиц? Как следует привлекать людей и получать идеи и суждения для планирования?

Планирование само по себе является системой. Эта система имеет назначение (достигнуть желаемой цели), функции (исследовать среду, ситуации, структуру, выбрать альтернативы и оценить действия), потоки (информации между специалистами по планированию и пользователями) и структуру (общий план, в пределах которого специалист по планированию сближает наиболее вероятный и желаемый результаты, используя обучение и обратную связь в форме суждений и данных

для переоценки результатов). Чтобы перейти к вопросу о том, каким образом идентифицируются назначения и как построены функции, потоки и структуры, обсуждаются типы рациональности.

## Глава 5

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ

#### 5.1. ВВЕДЕНИЕ: ПЛАНИРОВАТЬ ИЛИ НЕ ПЛАНИРОВАТЬ?

В то время как некоторые люди предпочитают совершенно не составлять планы, оставляя свою судьбу в руках божественного провидения, удачи или неизбежности, большинство из нас верит, что лучше планировать, чем не планировать. Реклама увеличивает эту веру; нас убеждают планировать образование наших детей, свое здоровье или несчастные случаи, уход в отставку и т. д. Рекламные объявления, скорее, рекомендуют полуфабрикаты плана, такие, как портфель инвестиций, чем поощряют активно включиться в планирование, описываемое в этой главе как мыслительный и социальный процесс. Они предлагают некоторую разновидность подхода к планированию, ориентированного на «незрелого» потребителя.

Планирование можно вообразить как непрерывный и иногда нерегулярный цикл мышления и действия, который помогает построить более надежные и эффективные системы. Это не дискретная деятельность с явным началом и концом. Системное мышление обеспечивает философское мировоззрение и методологические средства, которые помогают специалистам по планированию справляться со сложностью, а не просто покоряться ей, надеяться, что задача как-нибудь сама решится.

Мы не отстаиваем мысль, что планирование следует применять в любой области человеческих устремлений. Имеются убедительные доводы, например в экономике, что многие вопросы наилучшим образом разрешаются сами по себе через спрос и потребление на свободном рынке. Вмешательство в систему, которая может найти свое равновесие без особого контроля, может привести к потере творческого духа и благоприятных возможностей. Однако имеются многие сферы человеческих устремлений, в которых без плана непонятно, с чего начинать. Примерами могут быть исследования космоса, проектирование городов, управление деловыми предприятиями. Несмотря на то что есть ситуации, когда необходим подход, допускающий саморегуляцию, в этой главе внимание будет уделено проблемам, которые требуют вмешательства и планирования.

Обсуждаются три основных вопроса:

1. *Различные взгляды на планирование.* Планирование рассматривается в терминах общеполитической, социальной, экономической и культурной среды, где осуществляется планирование, отдельной системы в этих средах, на которую планировщики обратили внима-

ние, и зависит от необходимого для разработки плана уровня детализации. Это следует из обсуждения некоторых характеристик планирования.

2. *Определение планирования.* Оно основывается на размышлении о предмете и обеспечивает охват всех взаимоотношений между вовлеченными в планирование процессами интеллектуального мышления, политикой и действиями, которые требуются для преодоления расхождений между тем, что наиболее вероятно, и тем, что желательно.

3. *Философии планирования.* Сравниваются три философии планирования — формальная, инкрементальная и системная — в соответствии с их использованием для структурирования проблем, индентификации и оценки альтернатив, осуществления планов. Системное планирование — синтез формального и инкрементального планирования.

Приведем здесь несколько определений, которые будут полезны в дальнейшем.

*Цели* — желаемые пределы или величины, которых надеются достигнуть.

*Альтернативы* — существующие направления действия, оцениваемые с точки зрения их относительного вклада в достижение целей.

*Планы* — определенные средства достижения целей, которые требуют одновременно или последовательно предпринять несколько действий.

*Политики* — санкционированные средства достижения целей, предоставляемые посредством общепринятых процедур принятия решений. Среди этих процедур могут быть голосование, как в некоторых правительственных институтах, или просто административные мандаты, которые применяются во многих типичных деловых акциях. Когда план принят, он становится политикой [33].

*Исходы* — потенциальные состояния системы, которые получены после применения политик.

*Рациональность* — процесс использования разума для поддержки выбора целей, определения альтернативных способов достижения целей, формулировки и осуществления планов.

Философские понятия, обсуждаемые в этой главе, ориентированы на практическое применение в двух следующих главах, в которых представлен новый метод системного планирования и пояснены его приложения.

## 5.2. РАЗЛИЧНЫЕ ВЗГЛЯДЫ НА ПЛАНИРОВАНИЕ

Определения планирования в общем представляют его как ориентированную на будущее деятельность по принятию решений, которая включает назначение и выбор. Для одних планирование — это «процесс определения соответствующего будущего действия через последовательность выборов» [11]. Для других планирова-

ние — «предвидение при одновременной формулировке и осуществлении программ и политик» [32]. Для третьих планирование — «процесс подготовки ряда решений для осуществления последующих действий, направленных на достижение целей предпочитаемыми средствами» [13]. Имеется определение планирования, которое говорит намного больше о нем, что оно из себя представляет и как его следует осуществлять. Прежде чем дать это определение, нужно рассмотреть и классифицировать различные концепции и теории планирования.

#### А. КАК СЛЕДУЕТ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ПЛАНИРОВАНИЕ? (ФИЛОСОФИИ ПЛАНИРОВАНИЯ)

*Формальное планирование.* При этом подходе сужается область проблемы для того, чтобы использовать количественные модели и технику оптимизации.

*Инкрементальное планирование.* В этом случае используют «здравый смысл» и качественные рассуждения для того, чтобы произвести незначительные модификации существующих политик. Здесь полагаются на политические торги и компромиссы для достижения консенсуса [37].

*Системное планирование.* Это более широкий подход, при котором пытаются формулировать проблемы планирования на языке множества участвующих сил и отношений между ними. Здесь поиск сходимости между идеализированными, оптимальными и возможными, инкрементальными откликами базируется на совокупности качественных и количественных методов.

#### Б. ЧЕРЕЗ КАКИЕ ЭТАПЫ ПРОХОДИТ ПЛАНИРОВАНИЕ? (ОБЩИЕ ПРОЦЕССЫ ПЛАНИРОВАНИЯ)

Независимо от философии планирование должно следовать общей форме. Оно состоит из нескольких видов деятельности или этапов, которые остаются более или менее инвариантными для различных философий планирования. Общий процесс планирования может быть описан следующим образом.

*Структурирование проблемы.* Сначала нужно определить одну или несколько целей и ограничения, налагаемые на достижение этих целей. Ограничения могут быть политическими, экономическими, социальными, технологическими, окружающей среды и т. д. Проблемы следует сформулировать таким образом, чтобы оставить возможность для некоторого рода вмешательства и управления.

*Идентификация и оценка альтернативных реакций.* Следующий этап — перечислить возможные решения и оценить расходы и доходы, осязаемые и неосязаемые, связанные с альтернативными средствами достижения желаемой цели. Выбор делается из перечня, который составляют, пользуясь заранее определенными критериями.

*Осуществление.* Далее определяется последовательность действий для осуществления плана.

Заключительная компонента процесса планирования, которая не обсуждается,— проверка и оценка, определяющие, во-первых, точность осуществления планов, а во-вторых, до какой степени осуществление плана приводит к желаемым эффектам или исходам. Оценка часто занимает месяцы или даже годы после осуществления планов. Это вид деятельности, с которым связан ряд теорий и процедур (см., например, [27,7]). Зачастую авторы плана не принимают участие в его оценке.

Приведенная выше последовательность этапов дает точную схему процесса планирования. Тем не менее планировщики во многих случаях могут ее не придерживаться или делать различные акценты на разные компоненты. Наиболее важной компонентой процесса является способ структурирования проблемы, так как его выбор — основа всех последующих действий. Почти так же важны методы, которые используются для идентификации нескольких планов и выбора лучшего из них.

Люди подходят к планированию с различных философских позиций. Любая занимаемая позиция может повлиять на исход.

#### В. ГДЕ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПЛАНИРОВАНИЕ? (КОНТЕКСТ ПЛАНИРОВАНИЯ)

Планируют в правительстве, бизнесе, университетах, технологии и даже в личной жизни. В [19] утверждается, что обсуждение различных сопутствующих планированию ситуаций требует рассмотрения организационных, социальных и политических факторов для каждой конкретной ситуации и их воздействия на соображения о том, как вести планирование. Например, градостроители, которые занимаются городскими потребностями, такими, как транспорт, жилищное строительство и рекреационные средства обслуживания, уделяют значительное внимание теории урбанизации, заимствуя многое из социологии, экономики, истории и политических наук (см. также [6]). Аналогично специалисты по планированию в корпорациях следуют работам по теории организаций, когда пытаются совместить свои планы с административной структурой и межличностными отношениями в определенном организационном окружении.

Должно быть понятно, что даже при наилучшем применении этой философии план может не удался. Почему? Это может случиться из-за недопонимания проблемы и сил, скрытых за ней, из-за выбора неудачного времени для вмешательства или, возможно, из-за отсутствия удобного момента, включая прошлые и настоящие попытки. Поэтому, прежде чем надеяться выполнить план, который, как минимум, можно рациональным образом защитить, нужно изучить две вещи: как планировать и как следует применить историю

и философию планирования в определенной сфере деятельности, например в экономике, городском управлении, технологии и т. д.

#### Г. ЧТО МЫ ПЛАНИРУЕМ? (ОБЪЕКТ АНАЛИЗА)

Четвертый поток в литературе по планированию независимо от философии и сферы приложения изучает планирование безотносительно к предмету анализа или, другими словами, к специфическим явлениям, на которые планировщики обычно обращают внимание. Объекты анализа в широком смысле могут классифицироваться как *пространственные* или *поведенческие* явления. Пространственное планирование в основном связано с непрерывным развитием физических систем. Планирование земельного пользования в городах и анализ размещения промышленности — два примера пространственного планирования. При пространственном планировании используются теории и методы исследования операций, инженерных наук и архитектуры для определения, например, такого местоположения завода, чтобы имелся легкий доступ к рынкам товаров, которые он будет производить, или, например, определение места для торговых центров при определенном экономическом развитии города.

При поведенческом планировании обращаются к социальным системам и пытаются определить воздействия предлагаемых политик на поведение отдельных лиц или групп людей. Оно может быть связано, например, с вопросом о том, будет ли снижение налогов мотивировать людей вкладывать больше денег в банки, увеличивая наличные фонды, что способствует снижению процентных ставок и в конечном счете стимулирует экономический рост. План рекламных компаний, которые поощряют людей покупать определенный продукт, — другой пример поведенческого планирования. При этом теория и концепции черпаются из таких сфер деятельности, как социальная психология, социология и экономика.

#### Д. СКОЛЬКО МЫ ВКЛАДЫВАЕМ В ПЛАНИРОВАНИЕ? (УРОВЕНЬ АНАЛИЗА)

Планирование может быть распределено также по категориям в соответствии с тем, широко или узко оно с точки зрения анализа. Например, *общее планирование* в городах объединяет в один план широкий спектр социально-экономических вопросов, таких, как характер транспортных потоков, землепользование, муниципальные расходы, общественные услуги, отношения между центральными и местными властями. *Специализированное планирование* в том же контексте будет ограничивать сферу исследования до одного, определенного в узком смысле вопроса, например, такого, как муниципальные доходы, избирательно рассматривая факторы окружения, которые воспринимаются как прямо или косвенно воздействующие на основной вопрос.

Уровень анализа может быть также определен в *пространственных* понятиях (планирование в масштабах страны по сравнению с локальным), *временных* (долгосрочное, стратегическое по сравнению с краткосрочным, тактическим планированием) или *поведенческих* (групповое по сравнению с поведением отдельных лиц). Поэтому уровень анализа иногда является производным от предмета анализа.

*Можно резюмировать обсуждение планирования следующим образом.*

**Первое.** Планирование связано с достижением желаемых будущих состояний, которые маловероятны без вмешательства человека. Поэтому оно обращается к нормативным вопросам: что *должно* быть сделано и в какой степени таковое является обусловленной ценностями деятельностью, в которую желательно включать ценности тех, для кого производится планирование?

**Второе.** Планирование связано с формированием событий как в настоящем, так и в будущем посредством наилучшего размещения наличных ресурсов для выполнения краткосрочных (тактических) целей прогнозирования с определенными надеждами или допущениями, направляя, таким образом, текущую деятельность к сходимости с долгосрочными (стратегическими) целями. Существует компромисс между тем, что представляется наилучшим при взгляде только на настоящее, и тем, что представляется наилучшим при одновременном рассмотрении настоящего и будущего. Компромисс достигается с помощью того, что называют процессом дисконтирования, так как мы более уверены в настоящем, чем в будущем.

**Третье.** Планирование является прагматической деятельностью, которая связана с выбором разумных курсов действия из набора альтернатив. Оно обязательно должно быть ограничено тем, что возможно. Несоответствующая технология, несовершенная информация и ограниченная способность собрать и обработать имеющуюся информацию бывают ограничениями, или барьерами, которые трудно преодолеть. Некоторые люди утверждают, что нужно ослабить эти жесткие ограничения, планируя для «идеализированных» систем при допущении, что почти все возможно (см., например, [2]). Освобождая мысли от пут реальности, можно стимулировать замечательную творческую активность. Более того, специалисты по планированию иногда бывают приятно удивлены, когда обнаруживают, что ограничения, которые вначале представлялись непреодолимыми, фактически исчезают из-за быстрого развития технологии и науки. В конце тем не менее превращение творческой мысли в практические действия требует средств, которые либо имеются в настоящее время, либо, по крайней мере, достижимы в ближайшем будущем.

**Четвертое.** Планирование включает рациональный выбор. Мы отметили, что рациональность связана как с аргументацией от определенных допущений к выводам, так и со способностью спе-

циалиста по планированию защищать или объяснять допущения и выводы. Другими словами, теория рациональности обеспечивает первичную эпистемологическую поддержку приобретению и использованию знаний в планировании. Она позволяет формулировать предварительную интерпретацию проблемы и выбирать соответствующие методы анализа. Более того, теория рациональности является предпосылкой для связи наших идей с идеями других людей, для обратной связи и возможной модификации. Те или иные отклонения от классической причинно-следственной рациональности считались «субъективными» или «нерациональными». Однако с развитием системного мышления эти отклонения приобрели особое значение: их рассматривают как альтернативные рациональности в рамках более широкой перспективы, и они являются полностью подходящими средствами исследования проблем планирования. Системное мышление признает, что подразумеваемое под рациональным выбором будет меняться в рамках культурных, идеологических и дисциплинарных границ.

Установлены следующие типы рационального выбора [12].

*Техническая рациональность.* Рассматриваются альтернативные направления действия на основе их потенциала, облегчающего эффективные решения воспринимаемых проблем; такие ограничения, как цена или политическая осуществимость альтернатив, могут не рассматриваться.

*Экономическая рациональность.* Подчеркивается потребность в эффективных решениях проблем планирования; основным критерием выбора служит стоимость на единицу прибыли.

*Юридическая рациональность.* Оценивается степень, с которой альтернативные планы согласованы с законами общества. Это иногда распространяется на вопрос о том, как люди смотрят на религию и высокую справедливость при выборе.

*Социальная рациональность.* Сравниваются планы в соответствии с их вкладом в поддержку или улучшение существующих социальных институтов.

*Контекстуальная рациональность.* Оцениваются компромиссы, связанные с повышенным вниманием к одному кругу проблем при сравнительном пренебрежении другими проблемами.

*Игровая рациональность.* Заостряется внимание на поведении эгоистичных лиц или групп, которые стремятся к индивидуальным целям, относительно других, которые воспринимаются как конкуренты в борьбе за «кусочек пирога»; изучаются разумные объяснения образования коалиций или развитие совместных побудительных мотивов [47].

*Рациональность процесса.* Рассматривается выбор из альтернативных процессов планирования, а не выбор самих планов; связана с рациональностью процесса в противовес исходу [33].

*Рациональность здравого смысла.* Не придерживается веры в технику или стандарты эмпирического исследования; обосо-



ванность плана опирается на прошлый опыт и причинный эмпиризм. Мир рассматривается по сути как несложный [23].

*Метарациональность.* Связана с выбором альтернативных рациональностей — технических, экономических, юридических и т. д. — в соответствии с тем, которая из них является наилучшей в данном контексте.

Планирование всегда содержит метарациональность, которая перекрывает любую отдельную модель, так как проблемы планирования в общем многоаспектны и переплетены. Рациональный способ, который является наилучшим для изучения одной части проблемы планирования, не обязательно будет приемлемым при исследовании всей проблемы. Например, планирование новой автострады включает: факторы *технической* осуществимости; *экономические* факторы, относящиеся к стоимости и прибыльности для налогоплательщиков; *юридические* аспекты получения прав на строительство дороги на частных землях; *социальные* факторы, относящиеся к воздействию плана на окружение; *контекстуальные* факторы, связанные с компромиссами, принимаемыми при построении автострады вместо другого плана вложения ресурсов; *игровые* факторы, связанные с конкуренцией между действующими силами, имеющими капиталовложения в местах, где строится автострада; вопросы *распределения прибыли*, которые определяют, сколько получают при данном решении влиятельные горожане и другие вкладывающие капиталы группы; и, наконец, стандарты *здорового смысла* для оценки альтернативных планов.

Как будет показано в следующей главе, в отдельной проблеме планирования возможна замена одного вида рациональности другим и установления приоритетов между ними в соответствии с тем, как воспринимается их воздействие на исход. Таким образом можно избежать фрагментарных решений и объяснений.

### 5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ

После того как перечислены основные характеристики, планирование можно определить следующим образом: *планирование является мыслительным и социальным процессом, сводящим то, что считается наиболее вероятным исходом ситуации, при заданных текущих действиях, политиках и силах окружающей среды, с тем, что представляется как желательный исход, который, в свою очередь, требует новых действий и политик.*

Далее это определение приобретет более глубокий смысл.

Требование, чтобы планирование было мыслительным процессом, может показаться странным. Есть ли в нем что-нибудь еще, кроме мыслительного? Да — слепая вера в проигрышную цель. Недавно в телевизионной программе показывали метод ловли обезьян. Туземцы продырявили бревно и вложили внутрь приманку. Обезьяна просунула руку, чтобы взять приманку, однако когда ее пальцы

схватили приманку, она не смогла вытащить сжатую в кулак руку. Полная решимости удержать то, что она уже имеет, обезьяна не отпустила приманку даже тогда, когда ее схватили. Все, что ей требовалось сделать для освобождения,— это выпустить из рук приманку. Но для нее мысль о том, чтобы выпустить приманку из рук, была непостижимой — ее приоритеты не позволяли сделать это. Так что ее погубило то, чему она придавала наибольший приоритет.

Планирование является *мыслительным* процессом, так как оно требует, во-первых, произвести определенные допущения о текущих реалиях, будущих вероятностях и в имеющихся методах выявления и оценки информации об этих реалиях и вероятностях. Это делается с целью получить то, что представляется вескими выводами, которые следуют из сделанных предположений и методов или средств, использованных для оценки проблемы. Рассуждая исходя из предположений и следуя принятым или методологическим ориентирам, планировщики делают выводы в отношении действий, необходимых для достижения желаемых результатов и изобретают стратегии для их осуществления. Как *социальный* процесс планирование имеет место в контексте человеческих взаимодействий. Процесс планирования и сами планы сформулированы, определены, ограничены или спрогнозированы силами в социополитической среде. Другими словами, планирование идет по пути, следуя которому принимаются решения — кого вовлекать в процесс, как им взаимодействовать, а также какие решения принимать.

Мыслительный и социальный аспекты планирования взаимосвязаны. На методы рассуждений от предположений к выводам воздействует социоэкономическая среда, в которой они имеют место. Действительно, возможно, что теории и методы науки вообще и планирования в частности настолько отражают или отрицают исторические социальные, политические или экономические идеологии, насколько они являются продуктами чисто интеллектуальной энергии [36]. Этот принцип историзма, отраженный в основной массе философской литературы, подчеркивает влияние исторического окружения на всех мыслителей. Например, в 60-х годах нашего столетия американцы стали обращать больше внимания на плохое положение бедняков и национальных меньшинств. Администрация Джонсона начала войну с бедностью с помощью планов увеличения жилищного строительства для людей с низким доходом и предоставления равных возможностей для трудоустройства. Независимо от этой идеологии расширения области действий правительства и повышения его ответственности за находящихся в неблагоприятных условиях граждан хлынул поток из нескольких различных теорий и методов планирования, включая «защитное» и «радикальное» планирование, которые пытались защитить интересы слабых от интересов могущественных [32].

На личном уровне мыслительное и интеллектуальное общение

в группах не имеет места в социальном вакууме. То, что одно говорит другому, не интерпретируется только содержанием слов; скорее, словам приписывают значения и возможно придают большее или меньшее правдоподобие, основываясь на том, кто говорит, каковы его ролевые отношения со слушателем, какова его сила (интеллектуальная или политическая), которую он сосредоточил в руках, и контекст дискуссий. Это точка зрения философии релятивизма.

Эдвард Гуссерль, который в конце XIX века развернул философское движение, известное как феноменология, верил, что историзм и релятивизм не обеспечивают адекватного объяснения того, каким образом люди интерпретируют окружающий их мир и требования к знаниям или предположениям, которые есть у ученых или других людей. С точки зрения Гуссерля, требования к знаниям являются по существу явлениями или опытами, которые «известны сознанию», включая интуицию, память, воображение и суждение. Другими словами, Гуссерль верил, что неформальное знание играет важную роль в формировании культурных таксономий (систем классификации) и символических конструкций, которые занимают промежуточное положение между планировщиком и проблемой, порожденной внешним окружением. Согласно современному феноменологисту Альфреду Шюцу:

«Специалисты по планированию априорно подбирают последовательность различных конструкций и интерпретируют мир. Эти конструкции определяют их поведение, очерчивают цель их действий и имеющиеся средства. Это помогает им найти ориентиры в природной и социокультурной среде и вступить в борьбу с ней» [29].

Сознательные действия любого индивидуума, конечно, трудно логически анализировать и изучать объективно. Явлениям субъективно приписывают значения, и они воспринимаются или интерпретируются в отношении к другим социальным или интеллектуальным явлениям или опытам — прошлым, настоящим и, возможно, будущим, которые индивидуум также интерпретирует субъективным образом. Что касается планирования и других способов производства знаний, то основной заботой феноменологии является релевантность (или ее отсутствие) плана на языке субъективных стандартов оценок, которые имеются у лиц, вовлеченных в процесс планирования.

Например, игнорируя единственный критерий оценки, который употребляют лица, принимающие решения, специалист по планированию рискует выработать знания, которые ЛПР воспримут как нерелевантные, либо увеличивают время и расходы на исследование, безуспешно пытаясь полностью получить преимущества «знаний», которые находятся в сознании окружающих. Любой из этих случаев не предвещает хороших перспектив на улучшение планирования для ЛПР.

Нетрудно увидеть, почему эти взаимосвязи между мыслительными и социальными аспектами процесса планирования, вместе с изначально присущей миру сложностью и неопределенностью, фактически приводят некоторых людей к мысли о невозможности эффективного планирования (см. [56]). Что касается других, то они предоставляют возможность специалистам по планированию распространять их искусство, разрабатывая новую технику и черпая из этих философских понятий в своих поисках творческих средств направления текущих действий к будущим потребностям.

Продолжим разбор нашего определения: планирование является *сводящим* процессом, так как целью его применения является уменьшение *расхождения* между вероятным и желаемым (оптимальным) будущим. Это означает, что маловероятно, чтобы планировщики полностью свели на нет расхождения между вероятным и оптимальным исходом. Множество ограничений и благоприятствующих возможностей, с которыми сталкиваются впоследствии, находятся за пределами контроля планировщика. Наши небольшие возможности предсказывать будущее, естественно, ограничивают компетентное планирование и контроль окружающей среды. Более того, оптимизация не всегда может быть желаемой или подходящей целью. Оптимизация вынуждает специалиста по планированию сконцентрировать внимание на одной или нескольких переменных, фактически исключая из рассмотрения другие. Это — микроподход к планированию.

Альтернатива — просто «удовлетворить» [50] или «довести дело кое-как до конца, ошибаясь и путая» [37], с использованием планов, которые просто достаточно хороши для того, чтобы произвести маргинальное движение по направлению к цели, осознавая ограниченность человеческих способностей собирать и обрабатывать информацию. Окажется, нам нужно подвести баланс между оптимизацией и методом, который позволит одновременно принять во внимание широкий набор сил окружающей среды и альтернативных средств обращения с ними, сконцентрировав внимание на тех силах, которые воспринимаются как наиболее значительные, и на тех альтернативах, которые считаются наиболее перспективными.

Точка зрения на планирование как на сводящий процесс дает также ключ к тому, как следует проводить планирование. Это повторение двух различных, однако, родственных процессов. При первом проецируют *вероятное* будущее, опираясь на то, что представляется разумным при существующих в настоящее время мотивациях действующих сил (акторов) и имеющихся у них технических, финансовых, интеллектуальных ресурсах. При втором процессе выдвигают гипотезу о *желаемом* будущем и политиках его достижения. Эти политики затем добавляют к множеству существующих политик при повторном проецировании, чтобы проверить, насколько они облегчают или препятствуют сходимости к желаемому буду-

щему. Процесс продолжается в течение нескольких итераций до тех пор, пока не станет ясно, что добавление новых политик не сделает более допустимым вероятное и желаемое будущее или же, напротив, пока цена за небольшое улучшение сходимости в результате дополнительных действий не окажется слишком большой.

В результате применения этих двух процессов достигается синтез макро- и микроподходов к планированию. Макроподход связан с идентификацией назначения желаемых результатов, оценкой воздействия сил окружающей среды. При микроподходе пытаются модифицировать детали функций, потоков и структуры системы, чтобы получить сходимость вероятного и желаемого будущего.

#### 5.4. ФИЛОСОФИИ ПЛАНИРОВАНИЯ

Планирование было охарактеризовано как процесс, который включает желаемое конечное состояние, имеющиеся средства для сходимости вероятного и желаемого будущего и рациональные критерии, посредством которых измеряется сходимость и оценивается степень удовлетворения потребностей. Однако как узнать, что хорошо для нас? Куда можно прийти с таким «нормативным» пониманием? Для того чтобы воспринимать планирование как мыслительный и социальный процесс, необходимо заглянуть за пределы онтологического характера (процесса как такового), к философским и эпистемологическим (как мы познаем его) основам и предположениям.

Таким образом можно подойти к сравнению трех философий планирования — формальной, инкрементальной и системной — в терминах видов деятельности, которые заключены в основном процессе планирования.

В табл. 5.1 показано, как влияют на процесс планирования предположения и методы этих трех известных философий. Мы советуем читателю тщательно ознакомиться с таблицей, так как она служит схемой дальнейшего детального обсуждения.

#### ФОРМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Сен-Симон, философ XVIII века, верил, что его эра провозгласит новый подход к планированию общественного порядка. Он представлял себе планирование как область действий не генералов и политиков, а ученых и инженеров, которые обладают специальными знаниями принятия объективного рационального выбора для составления планов будущего управления обществом.

Спустя почти двести лет Роберт Лейн [35] утверждал, что «область знаний» в планировании расширяется, а «область политики» сокращается. Наблюдения Лейна появились в то время, когда наука о планировании была «опьянена» обретенным статусом как в общественных, так и в частных сферах. Например, в 60-х годах

Таблица 5.1

## Сравнение философий планирования

Известные философии планирования	Виды деятельности основного процесса планирования		
	Структурирование проблемы	Идентификация и оценка альтернативных реакций	Реализация выбранной реакции
Формальное	Предполагается, что проблемы могут быть точно охарактеризованы с помощью количественных моделей и существует консенсус на определение проблемы	Альтернативы бывают ограничены лимитами, чьи затраты и прибыль могут быть объективно измерены, предпочтительнее в терминах общих для всех выборов критериев. Выбирается оптимальный план с точки зрения точных критериев	Предполагается, что осуществление плана естественно следует из логики его формулирования
Инкрементальное	Предполагается отсутствие консенсуса по определению проблемы, однако не предлагается метод, который охарактеризовал бы многообразие	Альтернативы бывают ограничены лимитами, которые представляют маргинальные или малые модификации существующих планов. Предполагаются торги и компромиссы для выбора плана, между «приемлемым» и «оптимальным». Критерий точно не выражен	Изначальная гибкость позволяет пользователям плана адаптировать и применять его согласно своим нуждам и интерпретации целей планирования
Системное	Предполагается отсутствие консенсуса и рекомендуется использовать точные методы структурирования проблемы, которые охватывают диапазон возможных восприятий	Ограничения на диапазон идентифицированных альтернатив ослаблены, и применяется смесь количественных и качественных методов для идентификации критериев, определения важности критериев и выбора плана, который должен реализовать важные критерии	Предполагается, что на реализацию влияют субъективные оценки пользователей адекватности и релевантности плана. Важна модификация плана, которая обеспечивает сходимость с нуждами пользователей

быстрое развитие компьютерной технологии открыло новые горизонты прогнозирования и моделирования [20]. Кроме того, это была «золотая эра» исследования операций, где специалисты по планированию дирижировали всем, начиная от бомбежки Северного Вьетнама и кончая построением новых методов национального бюджетирования.

Формальное планирование относится к способам планирования, допущения и методы которых согласованы с канонами классической науки. Этот путь мышления гарантирует, что планы будут определяться посредством «фактов», как они представляются, а не субъективными суждениями или интересами исследователя-аналитика. Попросту говоря, с помощью формального планирования ищутся решения, а не перспективы в проблеме планирования.

#### ФОРМАЛЬНЫЙ ПОДХОД К СТРУКТУРИРОВАНИЮ ПРОБЛЕМЫ

Структурирование проблемы — первое очертание приложения общего процесса планирования — требует от специалиста по планированию: 1) определить или классифицировать по категориям проблемы, например, ответить на вопрос, что влияет или находится под влиянием одной или более сфер деятельности или внешних сил; 2) идентифицировать переменные или факторы, включая людей, политики и другие проблемы, воздействующие или находящиеся под влиянием рассматриваемой проблемы; 3) оценить зависимости между переменными — как они воздействуют друг на друга.

Структурирование проблем зависит от понимания *сложности*. Например, существует различие между двумя типами сложности [54]. Структурная сложность может быть описана сотнями переменных, однако с соответствующими зависимостями легко работать с помощью теории вероятностей. Можно с большой степенью уверенности ожидать, что из 500 подбрасываний монеты выпадет приблизительно 250 орлов и 250 решек, хотя при опытах возможны отклонения от этого результата. Страховые компании также применяют теорию вероятностей для предсказания числа клиентов, которые представят иски, и определения страховой суммы при заданных шансах клиента попасть в аварию. Это были примеры структурной сложности. С другой стороны, проблемы, для которых характерна неструктурная сложность, включают факторы взаимодействующие способами, не пригодными для анализа с помощью общепринятых статистических методов. Предсказание реакции людей в ответ на политические акции — пример неструктурной сложности.

Несмотря на то что большинство проблем планирования в правительственных и частных сферах содержит неструктурную сложность, сторонники формального подхода определяют проблемы таким образом, как будто для них характерна структурная сложность. Проблемы воспринимаются как объективные состояния, которые могут моделироваться в пределах детерминистических или стохастических процессов и трактоваться независимо от их стоимостных,

субъективных или неосязаемых компонент. В формальном планировании самый важный этап при структурировании проблемы — определение соответствующего статистического метода или техники моделирования для описания имеющейся проблемы.

#### ФОРМАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОЦЕНКЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ

Узкие границы, в которых определяются или структурируются проблемы планирования посредством формального подхода, ведут к ограничению диапазона возможных решений, которые впоследствии подлежат оцениванию. Другими словами, способ структурирования проблемы определяет метод ее решения.

Рассмотрим еще раз обсуждавшуюся ранее проблему планирования жизнеспособной энергетической политики на продолжительный период. Если энергетическая проблема представляется в основном как проблема окружающей среды, то диапазон альтернативных решений будет ограничен теми решениями, которые, очевидно, относятся к экологическим вопросам. С другой стороны, если она понимается как проблема национальной безопасности, то наибольшее внимание привлекут альтернативные военные или дипломатические решения. Основным является то, что формальное планирование ограничивает перечень определяемых альтернатив еще больше, заключая их в рамки, в которых возможны объективные, количественные сравнения. Например, при формальном планировании энергетической проблемы с точки зрения окружающей среды будет существовать ограниченный перечень альтернативных решений, куда войдут только такие решения, цена экологических потерь и выигрыш от которых могут быть объективно и точно измерены; «экологическое воздействие» должно быть определено в измеримых терминах, таких, как земельная площадь, потребовавшаяся для строительства источников энергии, или уровень загрязнения, сопутствующий производству энергии. Будут рассматриваться только те альтернативные планы и идентифицированные реакции, которые можно сравнить в этих терминах.

Оценка альтернативных решений в терминах стоимости и прибыли предполагает, что рациональные выборы и компромиссы нужно сделать на основе согласованных критериев. Даже случайный выбор «рационален» в том смысле, что сделан в предположении (например, каждая альтернатива одинаково хороша или плоха), которое допускает использование определенных процедур (например, подбрасывание монеты) для того, чтобы сделать выбор. Формальный подход к планированию включает концепцию «рационального выбора» в рамки сравнительно узких границ.

В терминах определенных ранее типов рационального выбора формальное планирование чаще всего содержит критерии техниче-



ской, экономической или юридической рациональности при выборе предпочтительного плана из множества альтернатив.

Сравнение альтернативных политик на основе этих критериев является довольно простой задачей. Например, можно использовать экономические методы для проверки того, что одна альтернатива более *эффективна по стоимости*, чем другие, если, конечно, принять предположения, которые заложены в используемом методе. Альтернативный метод — проверка испытательных планов посредством «экспериментов» на избранных целевых группах. Эксперименты могут продемонстрировать, является ли один план *эффективнее* других в *техническом смысле*. Тем не менее интерпретация результатов испытательных планов может быть затруднена, если имеется много «мешающих» переменных, часть которых не может быть измерена, что приводит к неадекватным объяснениям.

Существуют количественные методы, которые упрощают принятие решений при многих критериях, однако специалист по формальному планированию обычно пытается облегчить процесс оценки, требуя, чтобы каждая альтернатива рассматривалась на основе ограниченного ряда критериев. Действительно, научный подход наиболее эффективен, когда к каждой альтернативе применен один критерий (например, стоимость). Для специалиста по формальному планированию появление многих разнообразных критериев, таких, как политическая приемлемость, социальные стоимости и экономическая выгода (которые могут быть применены для некоторых, но не всех альтернатив), похоже на «сравнение яблок и апельсинов». Он склонен верить, что это не может быть сделано научно обоснованным образом.

Предпосылки теории и методов формального подхода лежат в эпистемологических основах логического позитивизма, они пародируют подходы, развитые и усовершенствованные в естественных и математических науках (см., например, [43]). Экономические модели и процедуры предсказания [26], теория вероятностей и анализ решений [5], линейное программирование, анализ «стоимость — эффективность», квазиэкспериментальное тестирование политик — примеры методов, применяемых при этом подходе.

## ФОРМАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ

Формальное планирование предполагает, что после того, как план составлен, его реализация (третье направление планирующих действий) будет естественно или механически следовать логике его формализации. Подобно тому как проблемы считаются объективными состояниями, существующими независимо от ценностей и восприятия, считается, что обоснованность предполагаемого плана говорит сама за себя. Другими словами, считается, что обоснованность плана опирается не на восприятие потенциальных пользователей, а скорее, на его соответствие критериям, таким, как

методологическая строгость, установленная и отстаиваемая научной общественностью. Эти критерии не признают интуицию, личные убеждения, здравый смысл или практический опыт. Следовательно, они освобождают специалиста по формальному планированию от необходимости в консультациях с теми, кто будет действительно реализовывать план, или с теми, кто вложил капитал в дело.

Иными словами, формальный подход отмежевывается от возможности приспособливания администраторами целей и механизмов плана контекстуальным требованиям окружения, в котором они работают. Формальный подход подчеркивает желательность перевода предполагаемых планов с технического языка ученых на прагматический язык практиков [51, 24]. Кроме того, подход не предлагает средств разрешения конфликтов относительно релевантности и неоспоримости самого плана.

### ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ФОРМАЛЬНОМУ ПОДХОДУ

Формальная философия доминирует в современном планировании и действительно может много рекомендовать. К числу ее многочисленных достоинств следует отнести акцент на ясность, логическую согласованность и эмпирическую обоснованность средств. Сторонники этого подхода потратили много времени и интеллектуальной энергии на изобретение и совершенствование процедур прогнозирования и оптимизационных моделей.

Слабости формального подхода состоят в относительном пренебрежении человеческой стороной планирования. Планирование рассматривается обособленно от целенаправленного характера социальных систем, и подход пренебрегает тем фактом, что выборы желаемого будущего, по существу, обусловлены ценностями и часто конфликтны. Попросту говоря, формальная философия не имеет эффективных процедур для случая, когда решение принимают несколько лиц, имеющих противоречивое восприятие проблемы и стремящихся удовлетворить различные ценности. Даже теория игр, которая изучает конфликты, недостаточно отвечает требованиям этой проблемы. Более того, формальная философия предполагает механистический взгляд на будущее, где результаты или известны, или, по крайней мере, вычислимы в пределах статистических границ ошибки. Планирование происходит в быстро изменяющейся среде, где результаты принятых решений редко известны в точности и последствия плана могут быть развернуты во времени таким образом, что перестанут соответствовать ценностям, которые определяли более ранние выборы. Некоторые ученые считают, что сложность и изменчивость внешней среды обрекает специалистов по планированию на сизифов труд. Тем не менее изменчивость парализует только тех планировщиков, чья точка зрения на окружающую среду основана на упрощениях, редукционизме или механистических рассуждениях.

Отсутствие полных и совершенных знаний и ограниченные интеллектуальные возможности специалистов по планированию при сборе и обработке информации привели некоторых исследователей к модификации формальной философии. Г. Саймон [50] предложил концепцию *ограниченной рациональности* — процесс отбора желательных состояний и планирования их реализации в рамках внутренних ограничений вычислительных способностей человека. Черпая материал в основном из исследований по когнитивной психологии, он доказывал, что человеческие существа разрабатывают процедуры планирования и принятия решений, которые полностью «рациональны» в данной ситуации при заданных ограничениях. Вместо оптимизации желаемых величин, как в формальной модели, специалист по планированию, придерживающийся концепции ограниченной рациональности, стремится просто «удовлетворить», определяя способ действия, который «достаточно хорош», чтобы произвести разумное усовершенствование текущего состояния системы.

Саймон заботился не о развитии теории идеализированного выбора поведения, а об описании подлинного поведения при выборе, опираясь на свои наблюдения за работой ЛПР. Ряд исследователей считает, что концепция ограниченной рациональности Саймона более реалистически отражает подлинные процессы планирования, чем формальный подход.

Ч. Линдблом [37], развивший идеи Саймона, высказал предположение, что в основном планирование происходит в группах и процесс упрощается, если намеренно ограничить рассматриваемые альтернативы. Теория «инкрементализма» Линдблома утверждает, что в большинстве случаев несколько ЛПР рассматривает только ограниченное множество альтернативных политик. Эти альтернативы представляют собой инкрементальные или маргинальные модификации основного множества существующих политик, которые считаются «заданными». Инкрементализм предлагает уменьшать конфликты по ценностям, которые приняты различными акторами и держателями ценных бумаг с помощью процесса «приверженного взаимного приспособливания», т. е. посредством торгов, компромиссов и обоюдных услуг. Теория Линдблома придает политическое значение формальной философии планирования.

## СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ИНКРЕМЕНТАЛЬНОМ ПОДХОДЕ

Инкрементальное планирование согласовано с постпозитивистским допущением, что существует много способов структурировать или определять проблему. Несмотря на то что инкрементальное планирование допускает существование множества определений проблемы, оно не предлагает формального метода охвата всего диапазона возможных восприятий. Скорее, окончательная форму-

лировка проблемы определяется в основном относительной силой, которой обладают участники в процессе планирования. Восприятие и вера тех людей, которые обладают наибольшей силой, обычно обеспечивает основу, на которой структурируются проблемы, и балансирует очень тонкий «псевдоконсенсус». Мы называем его «псевдоконсенсусом», потому что если существует разница в силе, то людей редко удастся убедить (в подлинном смысле) в обоснованности чужого мнения. Скорее, они «покоряются» отличному от своего определению проблемы в надежде установить *quid pro quo*<sup>1</sup> взаимоотношения со своими соперниками, т. е. они предвидят (и, вообще говоря, получают) поддержку в будущем от соперников в обмен на покорность.

Озабоченность инкременталистов неполнотой или ненадежностью информации и их скептицизм в отношении человеческих интеллектуальных возможностей обработать ее способствует определению проблем, в которых намеренно ограничивается количество переменных и упрощаются отношения между ними. Поэтому определения проблемы в рамках инкрементальной философии редко охватывают всю систему и ее взаимоотношения с окружающей средой, скорее, в них заостряется внимание на частях системы и подразумевается, что анализ потребует только незначительной модификации функций, потоков или структуры системы. Широкая макрооценка назначений системы, или оценка ее совместимости с силами во внешней среде, редко бывает предметом инкрементального планирования.

#### ИНКРЕМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОЦЕНКЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ

Инкременталисты утверждают, что при идентификации и оценке альтернативных решений конфликты, связанные с ценностями и мнениями, которых придерживаются акторы и держатели ценных бумаг, ослабляются после «приверженного взаимного приспособления» или, другими словами, после торгов, компромиссов и, возможно, силовых приемов. Несколько типов рациональности (из определенного ранее перечня) могут воздействовать на процессы и исходы «приверженного взаимного приспособления». Например, *контекстуальная рациональность* может определить, на какие компромиссы или жертвы идут люди, уступая другим в процессе переговоров; *игровая рациональность* может заложить фундамент коалиции, которая во время конкуренции за ограниченные ресурсы может считать неприемлемой одну группу интересов, защищая другую, и, конечно, *рациональность здравого смысла* может действовать, когда информация неполна или ненадежна, что, как уже отмечалось, является одним из основных предположений инкрементализма.

---

<sup>1</sup> *quid pro quo* (лат.) — услуга за услугу.— Прим. перев.

Критерии, используемые в инкрементальном планировании при выборе того или иного плана, редко описываются в объективных и точно измеримых терминах, как при формальном подходе. Действительно, в большей части литературы по инкрементализму проявляется скептическое отношение к приемлемости или надежности количественных методов при выборе политик (см. [55]). Поэтому при инкрементальном подходе в общем не признают точно определенные критерии, предпочитая неосязаемые, которые более адекватно отражают предпочтения, ценности, эмоции и страхи людей. Например, некоторых конгрессменов может заботить «политический риск», связанный с различными налоговыми программами; руководители корпораций могут сравнивать альтернативные планы маркетинга с точки зрения их вклада в «образ» компании. Инкрементализм утверждает, что эти критерии трудно определить строго и, следовательно, важнее, чтобы все участники были согласны; однако — это важные критерии и они не могут быть исключены из процесса планирования, как это имеет место при формальном подходе.

Таким образом, инкрементальная философия благоприятствует крайней степени гетерогенности (разнородности) в планировании тем, что налагает на участников требование договориться о значении критериев, которые используются для сравнения альтернативных предложений; при этом каждый участник может интерпретировать критерии по-разному и способами, которые в общем невозможно прояснить посредством разумного общения.

В инкрементальном планировании сами критерии не только неосязаемы и погружены в неформальную риторику, но и сравнительная важность, которая приписывается им вовлеченными в процесс планирования лицами, не объясняется, т. е. инкрементализм не предлагает формальных методов шлифовки и синтеза этих субъективных оценок сравнительной важности. Сделки и компромиссы инкрементального подхода обращают внимание только на сами альтернативные планы, а не на критерии, используемые для их оценки.

План, который, наконец, выбирается, во-первых, представляет маргинальную модификацию имеющейся практики, и, во-вторых, отвечает (по крайней мере, внешне) критериям, которые кажутся важными каждому из участников.

Отметим, что невозможно оптимизировать ценности *каждого* участника процесса, если не сделать попытки расположить критерии, используемые для оценки альтернативных планов, в некотором порядке приоритетов, т. е. если каждый актер или подгруппа акторов не будет придерживаться единственного набора ценностей. В результате получается план, который в общем приемлем для всех, однако ни для кого неоптимален. Отсюда следует, что такие планы часто бывают весьма неопределенными. Придание им большей конкретности может привести к нарушению достигнутого хрупкого консенсуса. Справедливо заметить, что продуктом инкрементального планирования бывает не конкретный план, а, скорее,

широкие границы изменения параметров плана, в пределах которых люди, придерживающиеся различных ценностей и интересов, могут прийти к соглашению о распределении ресурсов.

Рассмотрим, например, решение Верховного суда (Браун против Отдела образования Топика, 1954), требовавшего от системы общеобразовательных школ предпринять меры по десегрегации с «надлежащей скоростью». Здесь можно задать несколько вопросов: что означает с «надлежащей скоростью»? Существует ли определенный лимит времени, за который школы должны быть объединены? Является ли лимит времени одним и тем же независимо от размера и сложности школьной системы? Это вопросы, на которые не был получен ответ и которые продолжают препятствовать осуществлению политики принудительного решения вопросов даже спустя 30 лет после постановления Верховного суда. Имеется много других примеров такого рода неясностей в законопроектах, принятых Конгрессом. При инкрементальном подходе утверждается, что эта неточность является единственным способом умиротворения многих гетерогенных интересов, проявившихся в процессе планирования. Более того, двусмысленные планы гарантируют, что не будет принято радикальных действий для изменения основных характеристик; скорее, изменение политики не выходит за пределы инкрементальных или маргинальных модификаций статус-кво.

#### ИНКРЕМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ

При инкрементальном планировании редко бывает установлена твердо определенная стратегия реализации. После того как параметры плана получены, интерпретация и способ его реализации часто бывает делом тех администраторов, которые в повседневной деятельности испытывают его воздействие. Действительно, изначальная двусмысленность инкрементального планирования позволяет пользователям приспособлять и модифицировать планы согласно личной интерпретации цели [45].

Если процедуры реализации установлены согласно инкрементальному подходу, то они обычно принимают вид проверки и принуждения. Например, имеется несколько тысяч регулирующих агентств, которые представляют собой часть американской правительственной системы. Они не имеют полномочий планировать национальную политику; скорее, им поручена интерпретация и проверка планов, которые сформулированы исполнительными, законодательными и судебными институтами правительства. Однако даже при проверке планов сделки и компромиссы, которые были частью предшествующего процесса планирования, переносятся на этап реализации. Свобода сделок этого типа зависит, конечно, от природы политики. Например, по стандартам безопасности лекарств не может существовать компромиссов между производителями лекарств и Федеральной фармацевтической администрацией (Federal Drug

Administration), однако могут иметь место некоторые компромиссы между отраслями промышленности, загрязняющими окружающую среду, и Агентством по защите окружающей среды (Environmental Protection Agency) по принудительным мерам удовлетворения стандартов качества воздуха.

В общем инкрементальный подход к реализации бывает результатом его отношения к предыдущим наборам действий: структурированию проблем, идентификации и оценке альтернативных планов. Для всех наборов видов деятельности характерны политические и интеллектуальные конфликты, сделки и компромиссы при достижении псевдоконсенсуса, малые продвижения в направлении желаемых целей, использование существующих политик в качестве отправной точки.

#### ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ИНКРЕМЕНТАЛЬНОМУ ПОДХОДУ

В большей части литературы по инкрементализму вовсе не утверждается, что он является обязательно *наилучшим* подходом при планировании и принятии решений. Скорее, этот подход рассматривается как *наиболее распространенный*. Не будем оспаривать это утверждение. Инкрементализм особенно распространен при планировании в правительственных учреждениях и в больших, многоаспектных частных организациях. Более того, инкрементальный подход к планированию не изобилует разнообразными методами и техникой анализа. В нем практически отсутствуют тщательно разработанные процедуры структурирования человеческих взаимодействий, решения проблем или разрешения конфликтов. Действительно, инкрементализм неизвинительно специализирован с точки зрения подхода к проблемам планирования, т. е. он обретает свою форму и сущность, исходя из определенной обстановки, в которой он применяется, и не существует двух ситуаций, в которых инкрементализм проявит одинаковые способы получения, обмена и анализа информации.

Инкрементализм имеет много сильных сторон. Он выигрывает по сравнению с безыскусственностью формального планирования, так как признает человеческий и политический аспекты планирования. В нем также допускается, что в жизни немного известно определенно и что проблемы не статичны, а динамичны, и, следовательно, маловероятно, чтобы они остались «решенными» надолго. Наконец, в нем больше доверия к человеческим суждениям, интуиции и знаниям, полученным из практического опыта, особенно когда объективные данные неполны или ненадежны и не существует адекватных надежных теорий для объяснения проблем и выработки решений.

Инкрементализму присущи некоторые серьезные недостатки. Среди них — чрезмерная вера в приверженное взаимное приспособление, которое, по сути, гарантирует, что интересы наиболее мощных

и высоко организованных групп превалирует над другими. Отсутствие специфических методов построения сценариев, дебатов и диалога или выявления основных критериев для оценки плановых действий делает инкрементализм бессильным при попытках разрешения существенных конфликтов. Добавим, что «приверженное взаимное приспособление» почти то же самое, что выкручивание рук в политике.

Более того, упрощения инкрементальной модели обладают неприятным свойством становиться свехупрощениями, особенно если не предпринимаются попытки пересмотра существующих политик для проверки их разумности в свете быстро изменяющихся условий окружения. Мало утешения в том факте, что планировщики формулируют только маргинальные корректировки существующих политик, которые могут приносить ущерб или быть несовместными с интересами системы. Инкрементальная эскалация вовлечения США во вьетнамскую войну иллюстрирует главную проблему этой формы планирования [21]. Наконец, с помощью инкрементализма не объяснить «фундаментальные решения», не предлагающие основную политику, на которой формулируются инкрементальные корректировки [17]. Наблюдения показывают, что многие силы, воздействующие при решении проблемы на правительство и промышленность, никогда ранее не встречались в той же форме. Для них не существует заранее определенного набора процедур планирования [39]. Например, термин «стагфляция» был придуман экономистами в конце 70-х годов и относится к нескольким экономическим явлениям — высокому уровню безработицы и высоким темпам инфляции, которые никогда не наблюдались одновременно до тех пор. Инкрементализм беспомощен, сталкиваясь с совершенно новой проблемой.

В общем инкрементализм является полной противоположностью формальному планированию. Представляется, что в своей рьяной критике формального планирования инкременталисты отказались от количественных методов, не навели мостов с адекватными процедурами, принимаясь за сложные, современные проблемы. Согласно Гегелю, если принять формальное планирование за тезис, а инкрементальное планирование — за его антитезу, то получится, что необходим синтез этих двух философий планирования. Системный подход представляет этот синтез.

## СИСТЕМНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Как было отмечено, предположения формального планирования ограничивают возможности планировщика в рамки, которые нереалистически узки. Можно стремиться к гипотетическому миру, где проблемы хорошо структурированы и «решения» появляются естественным сравнением отношения стоимости к эффективности. К сожалению, жизнь не так проста. Наш мир таков, что поиск пра-



вильных ответов обязательно зависит от правильной постановки вопросов. От этого утверждения нельзя отделаться просто, как от игры слов. Если вспомнить о довольно печальном опыте предсказания различных ситуаций приспособления к событиям в окружающей среде, то можно понять, что имеются по существу большие трудности в правильной постановке вопросов. Основная цель системного подхода к планированию — совершенствование определения и структурирования проблемы планирования с тем, чтобы научиться правильно задавать вопросы.

Инкрементальное планирование по сравнению с формальной философией весьма сложно и фактически потерпело поражение в своем недвусмысленном отрицании количественных методов и в ярко выраженном допущении, что наилучшее из возможного — это предпринять маленькие, пробные шаги к желаемым целям, последовательно реагируя на проблемы и возможности по мере их возникновения.

В то время как формальное планирование ставит акцент на *предсказании*, а инкрементальное планирование — на *реакции*, при системном планировании стремятся способствовать *взаимодействию* с внешней средой, отдавая дань неопределенности, которая ассоциируется с бурным развитием процессов [1].

В системном планировании проблемы не «решаются», а, скорее, разрешаются и постоянно переопределяются через процесс обучения. Поэтому планирование понимается не как дискретная деятельность, а как непрерывно развивающийся процесс. Подход предполагает, что будущее неопределенно и не может быть предсказано, исходя из условий настоящего или прошлого. Акцент ставится на создание альтернативных сценариев будущего, опираясь на сегодняшнее действие, а не простое приспособление к тому, что принесет будущее.

Наконец, системное планирование основано на явном предположении, что данные о проблеме не могут быть восприняты изолированно от контекста идей. Иными словами, все данные основаны на теории. Чтобы понять контекст идей, в котором происходит планирование, требуется, чтобы подход расширился, включал субъективные интерпретации значения, которые есть у акторов системы, в то же время не оставляя в стороне точность и мощь объективных измерений и анализа точных данных.

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СТРУКТУРИРОВАНИЮ ПРОБЛЕМ

Специалист по системному планированию активно участвует в отборе желаемых конечных состояний и понимает свою работу как нормативную, обусловленную ценностями деятельности. Выбор целей и макроцелей интерпретируется как неотъемлемая часть самого процесса планирования, а не как априорно заданное политической системой.

Определение и структурирование проблемы — единственное наиболее важное действие для специалиста по системному планированию. Было отмечено, что способ, с помощью которого сформулирована проблема, определяет в значительной степени поиск и выбор альтернативных решений. В системном планировании проблемы определяются не только с помощью объективных факторов. Скорее, философия подразумевает, что одни и те же «факты» смогут быть интерпретированы радикально отличающимися способами в зависимости от мировоззрения и интересов участников процесса планирования. Например, проблема трущоб в центральной части города может быть определена различным образом разными людьми. Для одних — это социально-культурная проблема, возникшая из-за отсутствия интереса у бедных жителей центральной части города поддерживать стандарты эстетики и санитарии. Для других — это проблема инфраструктуры, возникающая из-за фактического отсутствия благоприятных возможностей для работы в центральной части города и неудовлетворительных транспортных связей с местами работы. Для некоторых — это проблема недостаточных побудительных мотивов у домовладельцев содержать дома в хорошем состоянии и улучшать жилищные условия в центре города. Это может, наконец, быть проблемой образования, политики, дискриминации или просто «истории». Отметим, что даже если имеется общее согласие по тому, как следует определить проблему, у людей могут быть расхождения в мнениях относительно ее масштабов актуальности или взаимозависимости с другими проблемами.

Принимая все это во внимание, специалист по системному планированию подходит к проблеме с несколькими допущениями [14]. Во-первых, проблемы *взаимозависимы* и к их решению следует подходить *холистически*. Во-вторых, проблемы по существу *надуманы*, так как они не существуют отдельно от субъективных интерпретаций тех, кто их определяет. Другими словами, проблемы не существуют сами по себе, а являются прямым результатом выбора, когда отдельные лица вырабатывают суждения об изменениях в состоянии дел. Наконец, проблемы *динамичны*, так как может быть столько же решений, сколько существует определений проблем. Более того, проблемы и их решения не остаются неизменными, а постоянно изменяются.

Таким образом, специалист по системному планированию подходит к каждой проблеме, предполагая, что она концептуально плохо структурирована; к формулировке привлекается несколько ЛПР, альтернативы и предпочтения которых могут быть множественными и конфликтующими, а вероятность того, что заданная альтернатива приведет к определенному результату, или неизвестна, или неопределенна. Основное свойство плохо структурированной проблемы не проявляется из перечня фактов и цифр, как принято считать в аналитической философии, и не возникает из представления предпочтений нескольких высокопоставленных ЛПР, как без-

оговорочно утверждает инкрементализм. Определение и структурирование проблем требует проницательности, творческих способностей и структурированных взаимодействий участников с целью выявления их ценностей, предположений и интерпретации любых имеющихся данных. Основную задачу, которая сопутствует структурированию проблем, можно сформулировать следующим образом — не только избежать неправильных решений, а научиться задавать правильные вопросы, чтобы решить именно ту проблему, которую следует.

Каким образом обеспечивает системная парадигма постановку «правильного» вопроса, относящегося к «правильной» проблеме? Ясно, что не существует простой формулы, гарантирующей планировщику корректное определение любой проблемы. Если бы существовала книга, озаглавленная «Как задавать правильные вопросы», она определенно заняла бы почетное место на рабочем столе каждого специалиста по планированию. Мы пишем не такую книгу. Однако нами предлагаются концепции, которые специалист по планированию может использовать, чтобы избежать формулировки точных ответов на не ту проблему, а получить хотя бы приблизительный ответ на правильную проблему, который будет гораздо полезнее.

Специалисту по системному планированию следует выбрать межличностный способ исследования, который предусматривает сотрудничество, опирается на диалог и имеет образовательный характер. Существенно нормативные выборы, включенные в этап определения проблемы, требуют осмотристельности и участия тех, кто сам влияет и одновременно находится под влиянием проблемной ситуации. Поэтому планировщики должны активно способствовать повышению сознательности заинтересованных лиц при установлении суждений и предположений, помогая им четко выразить собственное определение проблемы и ее отношение к другим проблемам. В связи с этим специалист по системному планированию остро осознает сложное и в значительной мере субъективное измерение человеческого выбора и целеустремленного поведения. Это не только признаки, но и понимание альтернативных видов рациональных и альтернативных форм знания, включая интуицию, разумные суждения и здравый смысл, а также и научное знание.

В системном планировании разработано несколько формальных методов, полезных при структурировании проблем. В следующей главе будет показано, что метод анализа иерархий обеспечивает процедуру иерархического и графического (визуального) структурирования проблем, представляя взаимоотношения между желаемыми целями, глобальными (общими) и локальными (частными) факторами, которые могут столкнуться с этими целями, критериями для выбора альтернатив и, наконец, самими альтернативными планами. Иерархическое воспроизведение возникло не только в результате абстрактных размышлений, но и в сотрудничестве с теми ли-

цами, которые воздействуют и находятся под воздействием конечного результата планирования.

### СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОЦЕНКЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ

В системном планировании идентификация и оценка альтернативных реакций происходит, когда исходные предположения существенно отличаются от предположений при формальном или инкрементальном планировании. Легче всего можно заметить различие в том, что в системном планировании ослаблены те предположения, которые требуют строгого соблюдения количественного выражения критериев, и отсутствуют априорные суждения о том, какое количество и какие типы альтернативных планов можно рассматривать. Кратко исследуем эти различия.

Полезно вспомнить, что исследуемый на первом этапе действий в процессе планирования способ, с помощью которого структурированы задачи, воздействует на идентификацию альтернативных реакций и оценку их эффективности относительно осознанных потребностей.

Во-первых, не структурируя проблемы только в терминах количественных моделей или символических причинно-следственных отношений, специалист по системному планированию может изучать альтернативные реакции, издержки и эффективность которых выражаются только в качественных величинах. Во-вторых, постепенно расширяя границы проблемы с целью полного воспроизведения восприятия людей, системное планирование предоставляет возможность рассматривать общесистемные реакции (включая изменения назначения системы и модификацию окружения) вместе с малыми маргинальными изменениями ее функций, потоков и структуры. В этих двух отношениях системный подход к планированию отличается от других подходов.

При оценке альтернативных средств достижения целей специалист по системному планированию придерживается метарациональности, которая, как помнит читатель, связана с выбором наиболее подходящей комбинации критериев из других типов рациональности, таких, как экономическая, социальная, техническая и др. Системное планирование не требует, чтобы все критерии применялись при рассмотрении всех оптимальных планов. Однако оно требует их ясного формулирования и согласия людей по определению своих действий независимо от того, имеется ли у них согласие о приоритетах одного критерия относительно других. Так, специалист по системному планированию, в отличие от специалиста по формальному подходу, надеется, что действительно можно сравнивать «яблоки и апельсины». Более того, он не удовлетворен двусмысленностью и путаницей, которые появляются в результате того, что знание самих критериев и сравнительная важность, при-

писываемая им людьми, бывает безоговорочной, как при инкрементальном подходе.

### Обоснование изучения ценностей

Как было отмечено ранее, специалисты по системному планированию включают ценности и суждения в свои способы исследования, чтобы справедливо воспроизвести интересы и перспективы людей, причастных к проблемам планирования. Уникальная субъективная сущность социальных наук, плюралистический характер проблем планирования и перспективный объем планирования вынуждают специалистов быть более благоразумными, не копировать метод по образцу их коллег в естественных науках. Требуется более общая постпозитивистская теория знаний для обращения с конфликтами в целенаправленном человеческом поведении, групповом планировании и принятии решения. Имеются также и другие соображения по поводу включения ценностей и человеческих суждений в планирование. Эти соображения кратко рассматриваются ниже.

Сложность порождает проблемы, так как людям часто бывает не известна внутренняя динамика систем и не понятны в деталях взаимоотношения с окружением для того, чтобы сформулировать надежное каузальное объяснение. Если это сделать удастся, то проблемы планирования сводятся к простым линейным отношениям, которые полностью соответствуют теории и технике социальной инженерии. Проблемы, обсуждавшиеся в первой главе, иллюстрируют бедность каузальных теорий в приложении к реальным сложным явлениям. Было отмечено, что современные методы не очень полезны, когда отсутствует ясное и достаточно надежное каузальное понимание.

Это, конечно, побуждает задать вопрос: что следует делать, когда не существует хороших теорий, из которых можно вывести адекватное описание проблемы? Или попросту, как можно давать советы для разрешения проблемы, если почти ничего нет либо вообще нет — даже направления для поиска. Ответ, который предоставляет метод, обсуждаемый в дальнейшем, заключается в том, что следует обратиться к *прекаузальному* пониманию, которое обнаруживается в человеческих ценностях и субъективных суждениях о сфере проблем и схеме взаимоотношений между ее переменными. Другими словами, работая с системой проблем планирования, для которых отсутствуют соответствующие каузальные теории, нужно обратиться к дедуктивным аксиологическим (ценностным) рассуждениям.

Применяемый термин «дедуктивный» расходится с его традиционным употреблением. Термин «дедуктивные» рассуждения обычно употребляют по отношению к процессу формулировки выводов по определенным наблюдениям на основе общих теорий или общепринятых истин. Теории в биологии позволяют врачам в опреде-

ленных случаях *поставить* диагноз. Аналогично при определенных обстоятельствах законы и юридические прецеденты позволяют судьям *интерпретировать* законы. Когда отсутствует явно определенная и общепринятая теория (или при наличии множества конфликтующих теорий), можно надеяться, что дедуктивное рассуждение исходит из отражения прошлого опыта, который формирует ценности и субъективные суждения. Чтобы предотвратить перерождение дедуктивного аксиологического рассуждения в нечто большее, чем окруженные ореолом догадки, накладываются некоторые ограничения на суждение, которые опирались бы на аргументы или, говоря словами Тулмина, подтверждение и мнения единомышленников. Таким образом суждения и ценности становятся частью фактических знаний и предыдущего релевантного опыта. Дедуктивное рассуждение распространяется и усиливается посредством его синтеза с индуктивной логикой в процессе планирования.

Ставка на человеческие суждения в этих случаях — не просто «последнее убежище» или отчаянный поиск чего-то, что дает результат. Наоборот, используется огромный резерв знаний — новая граница человеческого понимания, которая раньше игнорировалась. Ставка на аксиологическую дедукцию является подходом, который проявляет высокую степень оптимизма и веры в свойства человека концептуализировать сложные проблемы и освобождать обоснованные суждения от жестких ограничений позитивного доказательства.

### Диалектика и развитие знаний

Другая причина для включения ценностей и суждений в разрешение проблем планирования является следствием первой. В проблематичной ситуации, которая содержит множество перспектив, каждая перспектива (теория) должна подвергаться тщательной проверке и скрупулезному исследованию теми, кто вовлечен в процесс планирования. Проведение эмпирических тестов с тщательно построенными экспериментами для подтверждения выраженных суждений может оказаться непрактичным или даже неосуществимым. Действительно, как отмечалось, результаты таких экспериментов подвергаются персональной интерпретации. Скорее, проверка суждений должна происходить в рамках группы акторов и заинтересованных лиц путем выявления и критики скрытых предположений, на которых покоится правдоподобие утверждений. Таким образом, необходимо взаимодействие между актерами и заинтересованными лицами. Это порождает внутреннюю диалектику, или конфликты, которые будут оспаривать выраженные суждения, сталкивая их с конкурирующими теориями. Сторонник отдельного суждения или теории должен доказать, что он (и его теория) способен противостоять. В противном случае он должен уступить возражению.

Обоснование этого подхода состоит в том, что люди не только

испытывают различные чувства по отношению к одной и той же ситуации, но и эти чувства меняются или могут быть изменены во время дискуссии по мере появления новых доказательств и во взаимодействии с другими опытными людьми. Иногда исходом диалектического обмена становится отрицание *обоих* утверждений, и на основе общих предположений формулируется синтезированная перспектива. В таких случаях синтез может принести новое и творческое понимание, которого не было *ни в одном* из отдельных суждений. В других случаях результат может получиться вследствие компромисса, который может привести к существенному изменению отдельных позиций. Некоторые люди полагают, что диалектический подход является единственным путем разрушения цепей прирожденного консерватизма в науке.

Отметим, что в этой концепции порождения и роста знаний конфликты не рассматриваются как помехи, которых нужно избегать. Вместо этого конфликт представляет благоприятную возможность *научиться* воспринимать богатство и разнообразие информации, которая обнаруживается в группе. Методы, которые навязывают консенсус механистически путем голосования, т. е. до рассмотрения информации, которая появляется в ходе дебатов и споров, не используют преимущества учета всех знаний, которыми обладают участники.

#### Измерение приоритетов

В большинстве политических ситуаций специалисты по планированию, ЛПР и заинтересованные лица в общем согласны с тем, что «баланс» или смесь ценностей желательны. Например, в дебатах по программам учредительных действий большинство людей соглашались, что благоприятные экономические условия для этнических меньшинств следует каким-то образом сбалансировать для того, чтобы не было явной дискриминации по отношению к белому населению. Однако участники дебатов расходятся во взглядах на *относительную* важность этих конфликтующих ценностей или на четкий способ получения их «смеси». Некоторые утверждают, что положение групп меньшинств следует скомпенсировать за прошлую дискриминационную практику, учредив строгую систему квот при приеме на работу. Другие — что система квот нарушает принципы равенства, которые предназначены проводить в жизнь программы учредительных действий. Эти люди говорят, что если неотступно следовать принципу всеобщего равенства, то это естественно приведет к равенству национальных меньшинств. Отметим, что обе группы согласны с окончательной целью, которая преследуется, — равными возможностями в политике найма, однако расходятся в способе составления смеси ценностей, содержащихся в основе каждой политики.

Мы изучили построение групповых приоритетов в проблемах планирования со многими потенциальными смесями ценностей.

С помощью метода взаимодействия, который признает важность различных ценностей, удалось идентифицировать и измерить индивидуальные и коллективные приоритеты для разных комбинаций потенциальных исходов. Понятия персональных и групповых приоритетов имеют корни в теории решений.

С учетом этих вводных замечаний полезно привести несколько доводов о включении ценностей и суждений в системную парадигму. Ценности следует включить в рациональное рассуждение для правильного воспроизведения интересов вовлеченных лиц, исследования источников знаний людей, реагирующих на сложные проблемы обострением конфликта, накопления знаний и формулирования более богатых концепций индивидуальных и коллективных приоритетов для исходов, вызванных альтернативными политиками.

Существует несколько методов системного подхода, которые позволяют включать объективные и субъективные критерии и объяснять относительную важность, приписываемую им теми, кто вовлечен в процесс планирования. Ниже перечисляются некоторые из этих методов; по поводу детального описания их использования или для сравнения принятых в них допущений с допущениями метода анализа иерархий читателю предлагается обратиться к литературе (предлагаемым библиографическим источникам).

## СИСТЕМНЫЕ МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ

### Метод Дельфи

Метод Дельфи, разработанный О. Хелмером [30] (см. также [38, 44]), представляет собой метод установления экспертных суждений о явлениях, которые трудно измерить объективно или оценить в классическом смысле. Чаще всего он применяется в качестве метода прогнозирования. Например, по методу Дельфи может работать комиссия, собранная для изучения будущего американской сталелитейной промышленности. Он представляет собой систематическую процедуру, учитывающую междисциплинарные перспективы проблем планирования. Комиссии обычно составляются из людей, занятия которых представляют широкий диапазон профессиональных способов исследования. Каждая перспектива, очевидно, вносит вклад в более ясное понимание проблемы. Так, если метод Дельфи применить для оценки требований расширенной или модифицированной программы общественной помощи, то она окажется полезной для получения различных перспектив проблемы борьбы с бедностью, включая мнения общественности, социальных психологов, экономистов, врачей, политиков и, конечно, нуждающихся людей.

Традиционные процессы метода Дельфи характеризуются анонимностью и управляемой обратной связью. Анонимность членов



комиссии обеспечивается путем физического разделения и применением тщательно построенных анкет или других средств коммуникации, таких, как интерактивная связь с помощью компьютеров. Поэтому члены «классической» комиссии не обсуждают ответы на вопросы, которые ставят перед ними организаторы. Цель поддержания анонимности и физического разделения — избежать некоторых потенциальных «ловушек» группового принятия решений. Чаще всего упомянутые ловушки группового взаимодействия — так называемый «эффект золы» — такое поведение в группе, когда ее члены стремятся поддержать доминирование одного или более лиц, которые имеют склонность к лидерству или оказывают очень большое влияние в силу их положения в организационной иерархии.

Через управляемую обратную связь обобщенный ответ группы на некоторый вопрос сообщается каждому члену комиссии. Цель обратной связи — позволить респондентам ознакомиться, как их суждения соотносятся с ответами других членов комиссии, не подвергаясь давлению из-за знания того, кто конкретно дал тот или иной ответ. Обратная связь контролируется, так как участникам предлагается только ограниченная информация об ответах их коллег, т. е. им показывают *усредненный* ответ других членов комиссии. Этот процесс устраняет «помехи» крайних или «притянутых за уши» прогнозов, так как усреднение в первую очередь действует на выпадающие из общего фона ответы. Управляемая обратная связь после двух или более туров опроса обеспечивает основу для группового обучения и благоприятную возможность при чтении комиссии модифицировать свои суждения в соответствии с ответами других респондентов.

После всех воздействий управляемой обратной связи участники процесса обычно собираются вместе и им впервые разрешается непосредственное общение. Есть надежда, что после нескольких туров итераций, которые включают последовательную модификацию индивидуальных прогнозов, участники сойдутся во взглядах и смогут достигнуть консенсуса по окончательному прогнозу с минимальным уровнем расхождения во мнениях.

Метод Дельфи представляет одну из первых формализованных процедур систематического получения и сбора в единое целое групповых суждений. В начале 60-х годов метод стоял особняком как уникальный и творческий метод анализа проблем, для которых не существовало приемлемой теории, и не было достаточно информации, чтобы сформулировать новую теорию. Однако в процессе работы с этим методом удалось выявить несколько философских и практических проблем. Создатели метода хотели максимально охватить расхождения во мнениях, включая в комиссию специалистов разных дисциплин. Однако, введя анонимность, управляемую обратную связь и статистический групповой ответ, создатели метода тем самым произвольно внесли элемент «искусственного консенсуса». Появление искусственного консенсуса связано с тем,

что у членов комиссии была устранена возможность обсуждать рамки и допущения их суждений и в конечном счете свести к усредненной центральной тенденции как окончательному продукту процесса. Поэтому, казалось бы, лежащий на поверхности междисциплинарный подход к прогнозированию и планированию фактически вырождается в произвольный консенсус, который терпит неудачу при попытках охватить разнообразие знаний, ценностей и надежд, имеющихся у всех участников. Более того, традиционная форма метода Дельфи может просто представлять скрытую форму редукционистской логики. Проблемы просто расчленяются на соответствующие дисциплинарные компоненты, и в дальнейшем каждый эксперт работает в соответствии со всеми допущениями и методом, присущим уникальным взглядам его дисциплины.

На наш взгляд, который вполне объясним, наиболее смущающая проблема традиционных форм метода Дельфи — анонимность и физическое разделение членов комиссии. Такое разделение членов комиссии исключает появление новых подходов к проблеме, которые могут быть выработаны и проверены в процессе дебатов и дискуссий. Традиционные процессы в методе Дельфи заметно несовершенны, так как они не в состоянии объединять элементы динамического взаимодействия между членами комиссии. Вместо этого альтернативные оценки проблемы формулируются индивидуально и тайно. Каждый участник получает после нескольких туров лишь ограниченную информацию о мнениях других членов комиссии.

Наконец, процессы в методе Дельфи могут быть крайне громоздкими. С точки зрения простой логики наиболее проблематичной компонентой процесса в методе Дельфи считается построение анкет. В каждом туре процесса новые анкеты нужно придумать с учетом информации, полученной от респондентов в предыдущем туре. Каждый новый набор анкет проверяется на надежность и обоснованность. Этот процесс жестко лимитирует время и ресурсы как членов комиссии, так и арбитров, проводящих исследование. Более того, форма анкеты ограничивает свободу «импровизации» респондентов обеспечивать информацию, которая не запрашивается в анкете. Таким образом, в значительной степени выводы, которые сделает комиссия, сформированы или предопределены задаваемыми вопросами. Как уже отмечалось, ответы, которые мы находим, зависят от вопросов, которые мы задаем.

Некоторые из недостатков традиционных методов Дельфи стараются преодолеть модификацией. В модификации, которая называется *политизированным Дельфи*, стремятся обострить конфликт, запрашивая суждения *убежденных сторонников*, вместо суждений беспристрастных экспертов. Делается попытка включить интересы и ценности тех, на которых будут воздействовать результаты плана. Для разрешения проблемы искусственного консенсуса пользуются модифицированной версией управляемой обратной связи, в которой при измерениях группового ответа поляризуют конфликт

вместо того, чтобы выявить центральную концепцию. Кроме того, в политизированном Дельфи участники имеют возможность обмениваться идеями посредством ограниченных дискуссий и дебатов.

Политизированный Дельфи частично устраняет процедурные слабости традиционных процессов Дельфи, однако остается довольно неудобным и трудоемким. Респонденты изолированы и «выборочно» анонимны в течение начальных туров процесса. Поэтому политизированный Дельфи не удастся удовлетворительно применить при решении проблем, которые ассоциированы с анонимными ответами. Более того, остаются как практические проблемы построения и обоснования анкеты, так и философские проблемы, связанные с ответами на анкету.

Метод Дельфи имел ограниченный успех и по сравнению с другими усложненными методами пользовался меньшей популярностью. В отдельных случаях прогнозы, полученные методом Дельфи, были довольно далеки от реальности. Кроме того, некоторые люди считают, что окончательное *назначение* метода следует усовершенствовать. Критики полагают, что методом Дельфи нужно определять не то, что случится в будущем, а, скорее, то, чему следует случиться. Это положение отражает утверждение, что то, что случится завтра, во многом зависит от того, что делается сегодня.

В методе анализа иерархии сделана попытка обойти слабости дельфийского метода, одновременно использовались его сильные стороны, связанные с усовершенствованием процедур принятия решений и планирования в условиях неопределенности. В отличие от метода Дельфи в МАИ поддерживаются групповое взаимодействие и дискуссии. Таким образом, появляются новые и важные знания по мере того, как группа исследует предположения, лежащие в основе индивидуальных суждений. Однако, когда суждения расходятся даже после пространных дискуссий и компромиссов, МАИ не накладывает искусственный консенсус, так как в нем выпадающие из общего русла мнения учитываются при вычислениях, а не удаляются. Более того, в пределах требований допустимой несогласованности крайние суждения остаются в качестве свидетельства гетерогенности группы. Считается, что расходящиеся суждения указывают на наиболее критические аспекты проблем планирования и удалять их означает снять «проблему», так как расхождения и конфликты в ней замаскированы.

Метод анализа иерархий также перенимает кое-что из метода Дельфи. Например, использование анкет подобно тем, что применяются в методе Дельфи для пересылки вопросов многим заинтересованным лицам. Анкеты можно применить и при построении иерархий, на чем будет сконцентрировано внимание при обсуждении МАИ. Мы также пользовались анкетами для выявления суждений многих участников вместо сравнительно непродолжительных семинаров. Эта стратегия, конечно, страдает от многих уже описанных недостатков, однако преимущество ее в том, что

в процесс включаются различные заинтересованные лица, чьи суждения в противном случае было бы невозможно учесть. В МАИ можно синтезировать либо индивидуальные суждения, либо решения, которые получаются из индивидуальных суждений, если приписать самим лицам некоторый вес в соответствии с релевантностью их знаний.

### **Отладка и тестирование стратегических предположений**

В работах [40, 41] полагается, что процесс планирования будет совершенствоваться, если предлагаемые решения рассматривать с точки зрения лежащих в их основе предположений:

...если цель планирования — проверка и развитие теорий или политик с помощью данных, то выбор единственной теории или политики может действительно воспрепятствовать дальнейшему росту другой теории или политики, находящейся в процессе разработки. Если действительна только одна теория, то имеется реальная опасность заимствования, т. е. результаты, полученные из теории, могут способствовать появлению иллюзии совместимости теории с результатами, когда этого нет на самом деле... Если теории или политики нужно проверить по результатам... их также следует сопоставить с результатами, которые получены в конкурирующих теориях [41].

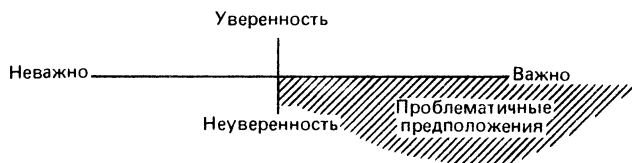
Для решения поставленных вопросов применима методология, называемая «Отладка и тестирование стратегических предположений» (Strategic Assumption Surfacing and Testing) (ОТСП). Она опирается на мнение, что расхождения в дискуссиях по планированию, вообще говоря, зависят от противоречивых *предположений* о параметрах проблемы, целей и макроцелей акторов в процессе планирования. Если специалисты по планированию приходят к соглашению по ряду предположений, то, вероятнее всего, они достигнут консенсуса по плану действия для достижения осознанных целей. Метод ОТСП следует сравнительно простому порядку действий.

На первом этапе в процессе планирования акторам помогают отшлифовать предположения, которые соответствуют их стратегиям при разрешении проблемы. Этот этап производится в обратном порядке от предлагаемого плана действий (посредством различных вспомогательных данных) к неявно выраженным предположениям, которые вместе с данными обеспечивают логическую дедуктивную последовательность действий для реализации предположений стратегии. Если сформулировать полный перечень предположений, включая обобщенные цели организации и индивидуальные цели проводящих политику акторов, то можно получить достаточно явное и отчетливое выражение планируемой проблемы. Митрофф считает полезным использовать «анализ заинтересованных лиц» при отладке предположений. В методе взаимодействий ЛПР предполагается идентифицировать тех людей, которых может коснуть-

ся предполагаемый план. Принимающих решения просят изучить план с учетом его предположений о заинтересованных лицах, а именно их прав, желаний и влияния на решения.

Второй этап метода ОТСП представляет «диалектику» в виде контрпредположений, противостоящих тем, на которых основана начальная стратегия. Правдоподобные контрпредположения изучаются, чтобы понять, могут ли они служить в качестве основы для совершенно *новой* формулировки проблемы или полностью новой стратегии. Диалектическая фаза порождает конфликт для появления новых вариантов, которые по крайней мере так же правдоподобны, как и начальная политика или первоначальная формулировка проблемы.

На третьем этапе проводятся переговоры, чтобы объединить предположения в наибольшей степени отличающихся стратегий с помощью некоторого приемлемого соглашения, которое специалисты по планированию и ЛПР будут считать синтезированной основой для усовершенствования формулировки проблемы. В приложениях Митрофф обнаружил, что акторы в процессе планирования часто приходят к согласию по предположениям, даже когда они расходятся в мнениях на уровне выработки стратегии. В поисках общего соглашения участников просят ранжировать свои предположения в предлагаемом плане в соответствии с их относительной важностью, надежностью и степенью уверенности в их справедливости. Ранжирование порождает решетчатую схему, которая подобна изображенной ниже.



Эта простая решетка позволяет акторам «увидеть» те предположения, которые наиболее важны для избранного ими плана, а также те, в которых акторы уверены меньше всего. Эти предположения находятся в нижнем правом квадранте. На этапе интеграции метода ОТСП уделяется большое внимание этим предположениям, так как по ним акторы должны прийти к соглашению, если собираются приступить к разработке плана.

На четвертом, финальном, этапе ОТСП выводится общая стратегия, или план, состоящий из множества предположений, относительно которых достигнуто согласие. Предполагается, что на этой ступени процесса имеется удовлетворительное соглашение о формулировке проблемы выработки характерных критериев для оценки суждений.

Метод ОТСП применялся для решения проблем планирования

как в частном, так и в общественном секторе. Ясно, что методология хорошо приспособлена к анализу слабо структурированных проблем планирования, в которых выработка стратегии решения опирается на остро конфликтующие предположения. Также очевидно, что успех или неудача ОТСП во многом зависит от умения и творческих способностей арбитра-посредника. Этот метод требует такого арбитра, который хорошо владеет искусством межличностного диалога и сведущ в теории групповой динамики. Воображение, изобретательность и смелость требуются для выявления предположений, которые «чувствительны» или потенциально вредны для внутренней сплоченности группы. Нет гарантий, что диалог будет продвигаться без внешне непротиворечивого анализа тривиальных предположений. Поэтому сомнительно, чтобы организации могли провести ОТСП без помощи подготовленного и внимательного арбитра. Представляется, что эти условия делают ОТСП сравнительно недоступным для маленьких и небогатых организаций.

Если МАИ и ОТСП применять вместе, то они могут взаимодействовать друг друга. Похоже, что отладка и тестирование предположений будет наиболее ценной при иерархическом структурировании проблем, что является наиболее важной фазой МАИ. Для слабо структурированных проблем без априорного опыта общая цель (первый уровень иерархии) вначале может быть неочевидной, однако эта компонента иерархии обуславливает всю структуру проблемы. Метод ОТСП можно использовать для определения первого и последующих уровней иерархии с тем, чтобы суждения и приоритеты отражали глубинные предположения участников процесса планирования, а не просто те, которые получены во время семинара.

Группирование гомогенных элементов в кластеры и расположение кластеров по уровням, в которые собраны величины одного порядка, являются структурными требованиями МАИ. Эти требования облегчают процесс перехода от большого к малому способом, который вносит ясность в связь между различными предположениями.

#### **Система симметричного объединения**

К. Хаммонд [28, 29] отмечал, что ценности и интересы граждан, обладающих акциями, не изучаются *систематически* при формировании общественной политики:

Хотя социальная политика, относящаяся к общественной деятельности, считается продуктом, который вырабатывается с учетом социальных ценностей и научных фактов, средства, с помощью которых этот продукт получен, не были изучены с должным вниманием... Однако такое изучение их необходимо, так как не существует установленного, рационального механизма, посредством которого можно, основываясь на фактах, интерпретировать социальные ценности [29].

Объединение научных фактов и человеческих ценностей при фор-

мировании общественной политики осуществляется с помощью суждений специалистов по планированию и ЛПР, которые по предположению действуют в интересах граждан. По мнению Хаммонда, поток человеческих суждений можно частично контролировать, если усовершенствовать способы сбора и организации информации. Он считает, что систематический метод сбора и анализа данных, охватывающий суждения как граждан, так и экспертов, необходим, чтобы избежать элитарности и повысить вероятность того, что план будет приемлем для людей, на которых его результаты будут воздействовать. Метод должен идентифицировать важные общественные ценности, установить их относительную важность и определить релевантность научных фактов относительно этих ценностей.

Система симметричного объединения (ССО) — метод интеграции социальных ценностей граждан и научных знаний экспертов систематическим образом. Этот метод способствует выявлению суждений о ценностях, касающихся предпочтительных исходов, заинтересованных граждан, или целей, которым должны служить предполагаемые политики. Эти ценности объединяются и учитываются в математической модели, которая включает релевантную относительно политик информацию, порожденную экспертами. В ССО социальные ценности описаны в количественных моделях, которые содержат соотношения между факторами, включенными в проблему планирования, и суждениями заинтересованных лиц, которые касаются относительной важности или желательности этих факторов.

На первом этапе ССО идентифицируются важные факторы, которые частично определяют выбор альтернативных вариантов политик. Например, при выборе между альтернативными источниками энергии для муниципальной энергетической установки релевантные факторы, от которых зависит решение, могут включать следующее: стоимость строительства, наличие топлива в будущем, безопасность эксплуатации, воздействие на окружающую среду каждой альтернативной установки.

На втором этапе ССО разрабатываются количественные модели, которые описывают суждения заинтересованных лиц об относительной социальной желательности каждого варианта политики по отношению к факторам, которые идентифицированы на первом этапе. Граждан просят дать суждение не о научных фактах, а, скорее, нормативные суждения о предпочтительной комбинации ценностей, которые содержатся в выбранном варианте. В этом простом примере гражданин может предпочесть источник энергии, который: недорого построить; использует топливо, которое есть в изобилии; не представляет угрозы для человеческой жизни; не загрязняет воздух или воду.

Очевидно, совершенного источника энергии не существует, и поэтому модель должна также описывать компромиссы, которые граждане согласны принять по каждому из четырех факторов.

На третьем этапе ССО приглашаются эксперты, чтобы провести научные суждения относительно каждой компоненты проблемы планирования. Эксперты не имеют представления о сравнительной важности, которая приписана факторам заинтересованными гражданами. Их просят просто оценить альтернативные политики на основе технических критериев. На этом этапе эксперты могут применять множество средств из традиционного анализа политик, например, таких, как анализ «стоимость — эффективность», для того, чтобы ранжировать альтернативы по каждому фактору, определенному на первом этапе.

На конечном этапе ССО собранные вместе суждения граждан и ученых объединяются по сравнительно простой формуле, которая в результате указывает на предпочтительную политику в терминах социальных ценностей и научных фактов.

Система симметричного объединения представляет собой попытку установить приоритеты между различными вариантами политики относительно не только технической приемлемости, но и совместимости с выраженными социальными ценностями. К сожалению, метод применим только к тем проблемам планирования, для которых определено дискретное множество альтернатив политики. Поэтому представляется, что ССО имеет ограниченную ценность в тех ситуациях планирования, где есть сильное расхождение в определении проблемы и, следовательно, широк диапазон возможных решений.

Наконец, ССО присущи те же недостатки, что и методу Дельфи, в частности, объединение суждений может создать иллюзию консенсуса, когда фактически консенсуса нет. Поэтому применение метода ССО бывает безуспешным при попытках воспользоваться потенциальными возможностями взаимодействий и дискуссий между участниками.

Уникальность ССО состоит в том, что фактические суждения граждан объединяются, а не заменяются суждениями специалистов по планированию. Однако сколько граждан надо опросить, прежде чем появится уверенность, что действительно удалось выявить их ценности? Более того, нужно помнить, что специалисты по планированию тоже граждане! Во многих приложениях МАИ к проблемам, которые касались общественного благополучия, мы объединяем суждения граждан.

### **Теория многомерной полезности (ТМП)**

При этом подходе пытаются характеризовать варианты плана в терминах объективных и субъективных признаков или характеристик и определять количественно субъективную полезность (которая по предположениям теории известна людям) этих признаков. Этот подход страдает от отсутствия методов структурирования проблем.



Задуманная Г. Райффа и модифицированная другими исследователями [46, 34, 22] ТМП представляет собой методику сглаживания конфликтов. Она объединяет человеческие суждения о полезности или ценности, которые приписываются результатам альтернативных действий с учетом многих признаков. Теория многомерной полезности изучает вопросы, связанные с релевантностью признаков, имеющимся выбором, измерением ценностей, которые приписаны этим признакам акторами и заинтересованными людьми, объединением величин для установления приоритетов элементов множества признаков, выбором политики, содержащей признаки, для которых получены приоритеты.

Сила ТМП в том, что ее можно использовать для: предсказания исходов и воздействий альтернатив; выбора политики на основе нормативной оценки воспринимаемых признаков; оценки реализованной политики путем измерения степени, до которой желаемые признаки были действительно проявлены.

Имеется несколько вариантов измерений с помощью ТМП, которые отличаются в зависимости от степени использования формальной математической теории. В нашей книге нет обзора этих альтернативных подходов к измерениям в ТМП. Внимание уделяется неформальному подходу, который выражает дух техники ТМП. Простая техника многомерного ранжирования, разработанная в [15], состоит из следующей последовательности этапов:

1. Определить акторов и заинтересованных лиц, суждения которых следует рассмотреть при выборе альтернативных политик. Если в исходе планирования заинтересованы организации или группы граждан, то нужно определить респондентов этих групп и наладить с ними сотрудничество.

2. Определить специфические вопросы, по которым имеется заключение во взглядах. Эти вопросы нужно поместить в определенный контекст и отчетливо выразить цель, относительно которой сделана оценка, так как человеческие ценности обычно контекстуально зависимы.

3. Уточнить диапазон исходов, которые ассоциированы с альтернативными курсами действия; на этой стадии процесса, когда практически нет никакой определенности, допустимо опираться на человеческое суждение или на дедуктивный, индуктивный или основанный на суждениях анализ. Более того, исходы обладают «эффектом ряби», т. е. они создают возможности для будущих действий, будущих исходов и т. д.

4. Определить те измерения ценностей, которые преобладают в оцениваемых альтернативных политиках. Измерения ценностей относятся к релевантным признакам, которые делают варианты исходов желательными или ценными. Каждый исход содержит различные *типы* издержек и выгод. Они могут быть финансовыми, эстетическими, этическими и т. д.

5. Ранжировать признаки каждого исхода по степени их относи-

тельной важности. Ранжирование производится отдельно каждым актором и заинтересованным лицом, вовлеченным в процесс планирования. Естественно, что ранжирования будут различаться, однако надо использовать все средства, чтобы обеспечить участникам возможность действовать на основе общей информации. Например, если строительство делового центра стимулирует местную экономику, то такой исход можно оценить, исходя из нескольких соображений: возможности обеспечить деньгами усовершенствование транспортных средств, создать благоприятные условия для работы, использовать общественную помощь для увеличения прибыли или повышения качества поддерживаемых обществом школ и т. д. Эти признаки должны быть ранжированы каждым из участников в соответствии с их относительной важностью.

6. Оценить признаки, которые были ранжированы согласно их важности. Наименее важному признаку произвольно приписывается оценка 10. Оценка следующего наименее важного признака выводится из ответа на вопрос: насколько этот признак важнее, чем наименее важный? Эта процедура продолжается до тех пор, пока наиболее важный признак в списке не будет сравнен с другими. Отметим, что каждая оценка отражает отношение важности этого признака ко всем другим. Например, если оценка одного признака равна 30, в то время как другого 60, то это означает, что второй признак в 2 раза важнее первого, даже если оба признака не были сравнены непосредственно. Поэтому участники могут захотеть все время пересматривать свои оценки по мере перехода к очередным признакам.

7. Суммировать веса важности по каждому признаку, разделить значение каждого признака на сумму и умножить на 100. Этот этап стандартизирует признаки, которые различным образом оценивались разными заинтересованными лицами.

8. Вычислить вероятность того, что данный исход будет именно таким при заданной оценке каждого признака. Вероятности оцениваются по шкале 0—100, где нуль — наименее правдоподобное значение, а сто — наиболее правдоподобное значение. Отметим, что вычисление этих вероятностей может быть объективным, субъективным или тем и другим одновременно. Получаемые данные можно использовать при вычислениях, для этого необходимо, чтобы они были по возможности точными. Однако если нет частотных распределений или других эмпирических данных, то должны устанавливаться субъективные суждения.

9. Вычислить полезность для каждого исхода, используя уравнение

$$U_i = \sum_j w_j u_{ij},$$

где  $U_i$  — общая полезность  $i$ -го исхода,  $w_j$  — нормированное значение  $j$ -го признака,  $u_{ij}$  — вероятность  $i$ -го исхода по  $j$ -му признаку.

Здесь  $w_j$  получено на выходе этапа 7, а  $u_{ij}$  — на выходе этапа 8.

10. Отождествить исход с наибольшим  $U_i$  и выбрать конкретную политику для достижения желаемого исхода.

Другие версии техники основаны на более строгих математических формулировках, которые вводят, чтобы отразить сложность ситуации, стоящей перед специалистами по планированию и ЛПР.

К сожалению, в литературе по ТМП ничего не говорится об эффективности этого метода на этапе структурирования или определения проблем, который *предваряет* этап установления предпочтений полезности. По-видимому, существует неявно выраженное предположение, что имеется только дискретное множество альтернативных политик, и поэтому достигнут консенсус по определению проблемы. Более того, при оценке признаков, ассоциированных с альтернативными исходами (см. этап 6), в технике предполагается, что неосязаемым критериям можно каким-то образом приписать абсолютные значения, кроме тех критериев, которые нельзя оценить. Допускается также уровень согласованности, который вообще-то может быть нереалистичным. Другими словами, в синтезе с помощью ТМП требуется, чтобы предпочтения для различных признаков были полностью транзитивными. Ранее было указано, что в групповых процедурах принятия решений правила транзитивности часто не выдерживаются и предпочтения могут иметь циклический характер: яблоки могут быть предпочтительнее апельсинов, апельсины могут быть предпочтительнее бананов, однако иногда бананы могут быть предпочтительнее яблок.

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ

Разработка методов планирования, которые отображают системные перспективы, требует творческого синтеза дедуктивной и индуктивной логики. Другими словами, специалист по системному планированию может использовать общепринятые теории, если они представляются приемлемыми для рассматриваемой проблемы, однако он также должен признавать правомерность эмпирических знаний, если в голову не приходят хорошие идеи.

Работа специалиста по системному планированию не завершается после того, как сформирован и представлен план. Философия системного подхода признает, что существует много трудностей, которые связаны с передачей знаний ЛПР и воплощением плана на фазах реализации. Специалисты по системному планированию многое заимствуют из трудов ученых, которые работают в недавно оформившейся научной дисциплине, известной как «использование знаний». Исследования в этой области посвящены решению вопросов, которые связаны с тем, что полученные специалистами по планированию и другим общественным наукам знания редко применяются при решении проблем, возникающих в реальной жизни. Известна теория о том, что специалисты по планированию и лица,

принимающие решения, принадлежат к одному из двух изолированных «кланов» [8]. Каждый клан использует нормы, ценности и структуры вознаграждений, которые часто не соответствуют таким же понятиям в другом клане. Например, специалист по планированию, который также участвует в академических исследованиях, «награждается» (публикации и продвижение в академической карьере) за исследования, которые вносят вклад в развитие теории или в разработку новой теории в определенной сфере. Однако по мнению ЛПР эти исследования понятны только посвященным и в основном бесполезны для решения проблем реального мира. Поэтому определение того, что составляет обоснованные, релевантные и полезные знания, зависит от рамок компетенции ученого и социокультурного окружения, в котором он работает.

Имея это в виду, специалист по системному планированию пытается развивать процесс непрерывного обучения не только своих клиентов, но и собственный, устанавливая постоянную обратную связь от ЛПР и администраторов и модифицируя свой план для большей практичности. Специалист по системному планированию знает, что социальное обучение, или «сдвиги парадигм», трудно стимулировать, однако этот процесс не должен быть ни инкрементальным, ни изначально консервативным. Часто социальное обучение происходит через образный скачок, или драматический сдвиг, от одного уровня сознания к другому. Не похоже, чтобы это случилось при традиционных подходах к планированию, которые опираются на редукционизм, инкрементализм и логический позитивизм. Наиболее вероятно, что это произойдет при более широком подходе, когда многое берется из источников знаний, которыми до этого пренебрегали или исключали из процесса планирования.

#### ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО СИСТЕМНОМУ ПОДХОДУ

Обсуждение системного планирования началось с утверждения, что формальное планирование нереалистично ограничено, а инкрементальное планирование лишено четко сформулированных методов сбора и анализа данных. Системное планирование изображалось как следующий логический шаг в цепочке *тезис — антитезис — синтез*. Подобный синтез расширяет сферу исследований, способствует изобретению новых методов объединения альтернативных образов мышления и решения проблем.

Нужно сознавать тем не менее, что синтез альтернативных философий планирования несет с собой не только выгоды, но и издержки. Например, людям может быть не по себе без высокого уровня точности, который обеспечивается формальным планированием. Очень часто люди чувствуют большую безопасность и доверие, когда сделанный выбор становится «самоочевидным» из количественного сравнения издержек и выгод. Даже если полагать, что точность формального планирования — иллюзия или свехупрощение,

то не хочется отказываться от его методов сравнения издержек и выгод, которые фактически освобождают людей от ответственности за их действия, описывая «оптимальный» выбор в явно выраженных количественных терминах.

С другой стороны, может оказаться трудным расширить горизонты за пределы того, что предлагается в инкрементальном планировании. Обоснование инкрементальных методов кажется простым и естественным, что, по-видимому, и объясняет их преобладание во многих ситуациях планирования. Возможно, специалисты по планированию по натуре любители сделок и компромиссов и этот способ планирования им более приятен, чем борьба со сложностью. Вообще, легче удовлетворить, чем оптимизировать, и менее опасно предпринимать маленькие инкрементальные шаги к цели, чем подвергать сомнению, и, возможно, переформулировать предположения, которые составляют основу целей системы и ее окружения.

Несмотря на эти методологические и психологические издержки, системное планирование преодолевает многие несоответствия формальной и инкрементальной философии. У людей могут постоянно возникать попытки предсказывать будущее. Однако более глубокое понимание настоящего, которого можно достигнуть, объединяя прежде не принимавшиеся во внимание источники знаний, представляет потенциал, помогающий нам формировать и строить будущее, а не просто адаптироваться к нему.

## 5.5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наше обсуждение альтернативных типов рациональности и различных философий планирования имеет корни в дискуссиях, которые бушуют в общественных науках в течение столетий. Дискуссии касаются различий между «фактами» и «ценностями» и роли ценностей в проведении научных исследований.

Мы подробно остановились на этом вопросе, так как он занимает центральное место в любой дискуссии по эпистемологии планирования. Точка зрения на дихотомию факт-ценность обязательно формирует подход к приобретению знаний и их использованию в процессе планирования. Дискуссия также связана с онтологией планирования. Если предметом исследования планирования считаются нормативные вопросы, то достойно ли оно называться «наукой»? Другими словами, если нормативным целям планирования не хватает объективных научных достоинств, то не следует ли отнести их к сфере «мягкой» этики и не считать достойным рационального рассуждения?

Много проблем ассоциируется с логическим позитивизмом. Есть смысл сомневаться, что планирование, принятие решений или даже исследования в «точных» науках, таких, как физика, могут быть истинно «свободными от ценностей», или объективными. Простой

выбор проблемы для исследования и последующее ее «структурирование» отражает систему ценностей, предпочтения и профессиональные знания. Более того, очевидно, что одни и те же данные могут быть применены в качестве поддержки радикально отличающихся восприятий проблем планирования. Эти конфликтные восприятия часто бывают результатом различных мировоззрений, которые выявляются в проблемной ситуации. Наконец, введение ценностей в систему рациональных рассуждений может ощущаться оправданным, если оно обеспечивает появление доводов в пользу той или иной ценности. При такой трактовке ценности рассматриваются аналогично фактам, которые релевантны процессу планирования и могут рационально обсуждаться. Подтверждение любых утверждений о знаниях как о «фактах» — по существу социокультурный процесс. Различие между фактами и ценностями — далеко не только выдумка, но, что более важно, оно может сузить взгляд на мир специалистов по планированию, что граничит с автократией. Это может сорвать попытки изучать системы проблем, изначально плюралистических и конфликтных.

Поэтому методология, эффективно действующая в слабо структурированных проблемах, должна, во-первых, объединять суждения, предположения и интуицию знающих и опытных ЛПР. Во-вторых, методология должна обеспечивать обсуждение *противоположных* предположений и суждений среди многих ЛПР и заинтересованных лиц. Наконец, методология должна объяснять динамическое взаимодействие между элементами проблемы планирования, обеспечивая логический переход от целей через критерии поведения к альтернативным решениям или к комбинациям решений.

Методы формального, инкрементального и системного планирования имеют свои сильные и слабые стороны. Однако системное планирование в наибольшей степени релевантно к сложным проблемам. В настоящее время основная проблема системного планирования — приведение в действие его концепций на основе практических, разрешающих проблему структур.

Метод анализа иерархий есть методология планирования, которая объединяет наилучшие стороны формальной, инкрементальной и системной парадигм. В следующей главе будут рассмотрены приложения МАИ к стратегическому планированию.

## Глава 6

### СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

#### 6.1. ВВЕДЕНИЕ

Для специалиста, который занимается долгосрочным планированием, важно не то, что следует делать завтра, а то, что следует делать сегодня, чтобы подготовиться к неопределенному будущему.

Однако некоторые факты будущего проявляются в течение разных периодов времени и определяют решение, которое принимается в настоящем. Как считает Питер Дракер, принятие решений есть, по существу, попытка синтезировать в настоящем большое количество явлений, проявляющихся в различные моменты времени в будущем.

Желательно оставаться открытыми по отношению к возможным изменениям и открытиям для достижения лучшего будущего. С другой стороны, чтобы справиться с будущими проблемами, нужно разработать планы, которые окажутся жизнестойкими и эффективными. Как совместить две цели: обеспечить жизнестойкость адаптивных планов и допускать изменения в окружении для многообразия форм и прогресса в будущем? Вот дилемма: если появляется план действий, то он сразу же привносит некоторые изменения, учет которых требует разработку нового плана. Из-за этого противоречия некоторые люди пришли к заключению, что планирование — бесполезно. В качестве опровержения можно привести такой довод: поскольку все изменяется, лучше, если контролировать изменения в нашу пользу, планируя и перепланируя, а не просто реагировать на происходящее.

Стратегическое, адаптивное планирование — процесс обучения и эволюции. Главным образом, это явление, которое держат на авансцене для того, чтобы его видели, изучали, использовали как гида и корректировали по мере того, как в окружающей среде происходят изменения. Стратегическое планирование — процесс проецирования вероятного или логического будущего — обобщенного сценария — и идеализированных желаемых будущих состояний. Это процесс познания того, как достичь этих соотношений, как использовать эти знания, чтобы направить логическое будущее к более желаемому, и затем повторить эти действия. Обратный процесс идеализации стимулирует творческое мышление. Он предоставляет людям возможность укрепить свою уверенность в том, что они знают, какие состояния системы желательны и с какими приоритетами. Используя обратный процесс, специалисты по планированию выявляют как благоприятные возможности, так и препятствия и в итоге выбирают эффективные политики, облегчающие достижение желаемого будущего.

Цель этой главы — показать, как системный подход метода анализа иерархий можно применить для планирования вероятного и желаемого будущего. После краткого обсуждения процесса планирования в общем виде детально исследуется процесс планирования в прямом и обратном направлениях. Для иллюстрации приложений МАИ к проблемам планирования предлагается несколько примеров реальных ситуаций, в которых применялся МАИ. Глава завершается некоторыми практическими предложениями для применения этого системного подхода к планированию.

## 6.2. ПРОЦЕСС ПЛАНИРОВАНИЯ

Очевидно, что все планы имеют три общих компоненты — начальное состояние, цель (или конечное состояние) и средства, связывающие эти два состояния. Цель процесса планирования — соединить компоненты за наименьшую цену, чтобы достигнуть наибольшего выхода — т. е. максимизировать эффективность.

Первая компонента любого плана — начальное состояние. Начальное состояние людей — обычно их положение в настоящее время: люди управляют определенными ресурсами, которые позволяют им достигать некоторого другого состояния; люди принимают определенные допущения о разных событиях за пределами их контроля при разработке плана; люди действуют в рамках определенных ограничений природы и окружающей среды, которые обуславливают границы плана. Следует произвести точный подсчет всех ресурсов и ограничений для обеспечения максимизации эффективности планирования. Хотя обычно это считается само собой разумеющимся, необходимо также тщательно выбрать момент, с которого начинается воплощение плана, так как начальное состояние может отличаться от того, которое было во время исследования. Гораздо лучше оценка эффекта начального состояния получается, если все имеющиеся ресурсы и все критические ограничения явно описаны.

Второй компонентой является цель. При условии, что остальные две компоненты поняты правильно, эта компонента становится просто мишенью. Цели могут быть неясно определены или установлены для недостижимого состояния. Ставить цель не следует без точных знаний о силах и влияниях, которые действуют и формируют эту цель. Цель должна быть хорошо поставлена, достижима, а также пересмотрена и изменена в соответствии с требованиями обстоятельств.

Третьей компонентой плана являются средства. Эта компонента — сам план, так как по существу в ней содержится описание метода, с помощью которого происходит переход от начального состояния к цели. Две первые компоненты можно в основном рассмотреть теоретически; третья компонента, напротив, более конкретна. Она должна содержать: факторы, воздействующие на цель; внутренние и внешние силы, действующие на эти факторы; цели операции, сознательную последовательность шагов и вероятные состояния, пригодные для принятия решений, которые нужны для управления процессом. Факторы могут быть экологическими, экономическими, культурными, социальными, политическими, технологическими. Далее, факторы могут или до некоторой степени не могут контролироваться лицами, принимающими решения. Для выделения факторов нужно пользоваться любой имеющейся информацией.



### 6.3. ПРЯМОЙ И ОБРАТНЫЙ ПРОЦЕССЫ ПЛАНИРОВАНИЯ

Многие из процессов планирования направлены только в одну сторону, т. е. представляют собой упорядоченную во времени последовательность событий, которая начинается в настоящее время  $t=0$  и заканчивается к некоторому моменту в будущем  $t=T$ . В первой последовательности, которая называется прямым процессом, рассматриваются текущие факторы и предположения, которые порождают некоторый логический исход. Во второй последовательности, которая называется обратным процессом, состояния рассматривают, начиная с желаемого исхода в момент  $T$ , и затем продолжают рассмотрение в обратном направлении во времени, чтобы оценить факторы и промежуточные исходы, которые нужны для достижения желаемого исхода. Оба процесса теоретически обоснованы и понятны.

При прямом процессе рассматриваются релевантные факторы настоящего, воздействия и цели, которые приводят к осмысленным заключениям или сценариям. Факторы, воздействия, цели могут быть экономическими, политическими, экологическими, технологическими, культурными и/или социальными по природе. Обратный процесс начинается с желаемых сценариев, затем исследуются политики и факторы, посредством которых можно реализовать эти сценарии. Каждая итерация обоих процессов сближает желаемый и логический сценарии.

Прямой процесс планирования обеспечивает оценку состояния вероятного исхода. Обратный процесс планирования обеспечивает средствами контроля и управления прямым процессом при движении в направлении желаемого состояния.

#### СЦЕНАРИИ

Ключ к пониманию этих процессов — сценарий. Сценарий — это гипотетический исход, который воспринимается и определяется с помощью некоторых предположений о текущей и будущих тенденциях. Предположения должны быть разумными и не выходить за рамки естественных ограничений, лимитов времени и технологии. Нужно остерегаться неумеренного воображения.

Есть два типа сценариев — исследовательский и предваряющий. Первый следует от настоящего к будущему, в то время как второй тип сценария проходит обратный путь, который начинается от будущего состояния и продвигается назад к настоящему, чтобы выявить влияния и действия, нужные для реализации желаемой цели. Каждый из сценариев в случае необходимости можно прокрутить заново.

В *исследовательском* сценарии анализируется логическая последовательность событий, которая порождена компонентами изучаемой системы. Он часто используется как техника, которая разжигает воображение, помогает проводить обсуждения и привлекает

внимание людей, вовлеченных в процесс планирования. Его значимость не в ответах и вопросах. Важность исследовательского сценария состоит в том, что он заставляет людей обратить внимание на ранее не рассматриваемые факторы.

Имеется два типа *предваряющего* сценария: нормативный и контрастный. В *нормативном* сценарии вначале определяется некоторое множество целей, которые должны быть достигнуты, а затем путь их реализации. В этом случае можно идеализировать поиск цели, если такой путь действительно существует. *Контрастный* сценарий характеризуется как желаемым, так и достижимым будущим. Основное ценное качество контрастного сценария состоит в том, что в нем удастся точно выделить утверждения, в которых содержатся предположения о достижимости. Сочетание нормативного и контрастного сценария формирует *обобщенный* сценарий, который сохраняет определенные свойства каждого из них. С помощью этого сценария можно синтезировать более широкий диапазон идей.

#### 6.4. ОБОСНОВАНИЕ ПРЯМОГО И ОБРАТНОГО ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВАНИЯ

Может возникнуть вопрос: какой из процессов — прямой или обратный — более эффективен при планировании? В зависимости от обстоятельств один из этих процессов может быть полностью приемлемым, в то время как другой — может оказаться неприменимым на практике. Наиболее важно, что каждый из них в отдельности может не подходить для создания хорошего плана. Однако если объединить их в единый прямой и обратный процесс планирования, то окажется возможным эффективно решить проблему. Таким образом, можно попытаться соединить желаемые цели с логическими, обеспечивая рамки сходимости друг к другу обоих исходов.

Наилучшим доводом в пользу применения процесса планирования в прямом и обратном направлениях может быть сама классическая теория планирования, утверждающая, что, по сути, есть две цели планирования. Одна — это *логическая*, или достижимая, цель, при постановке которой подразумевается, что предположения и факторы, воздействующие на исход, останутся существенно неизменными по отношению к настоящему состоянию. Маргинальные изменения в стратегии и на входе будут воздействовать на исход незначительно или вообще не будут воздействовать. Другая цель планирования — *желаемая*, достижение которой требует больших изменений на входах — как на внутренних, так и на внешних. Эти изменения нужно не только осуществить, но и сделать необратимыми, несмотря на первоначальное поведение системы. Инерция — мощная сила. Интуицию для проведения изменений в выбранном курсе полезно подкрепить настойчивостью.

## 6.5. ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРЯМОГО И ОБРАТНОГО ПРОЦЕССОВ

Для интеграции «прямого» и «обратного» иерархического планирования и проведения действий в настоящем сначала проектируется вероятное будущее. Далее в качестве цели необходимо принять желаемое будущее, выработать новые политики, которые присоединяются к набору существующих, и с учетом этих изменений вновь спроектировать будущее и сравнить два варианта будущего — проектируемый и желаемый — относительно их главных характеристик. Желаемое будущее модифицируется с целью увидеть, какие изменения политики нужны для того, чтобы оно стало проектируемым будущим, и процесс продолжается (см. рис. 6.1).

Формулировка процесса планирования для организации как граничной задачи позволяет явно выразить структуру решения. Используя понятия теории принятия решений, можно идентифицировать три основных вида переменных: *политики планирования*, которые есть у организации, *исходы*, которые могут осуществиться в организации в будущем, *эффективности*, которые выражают вероятностные соотношения между политиками планирования и исходами.

Эти три вида переменных — общие для всех процессов принятия решений, однако отношения между ними различны для всех проектируемых и желаемых процессов планирования. Для проектируемых процессов политики определяются, эффективности оцениваются, а вероятностные исходы выводятся. Для желаемых процессов исходы оцениваются, эффективности подвергаются воздействиям, а политики разрабатываются. Это различие в основном базируется на способах организации проблемы в каждом случае. Организационный принцип в обоих процессах — *иерархический*, однако

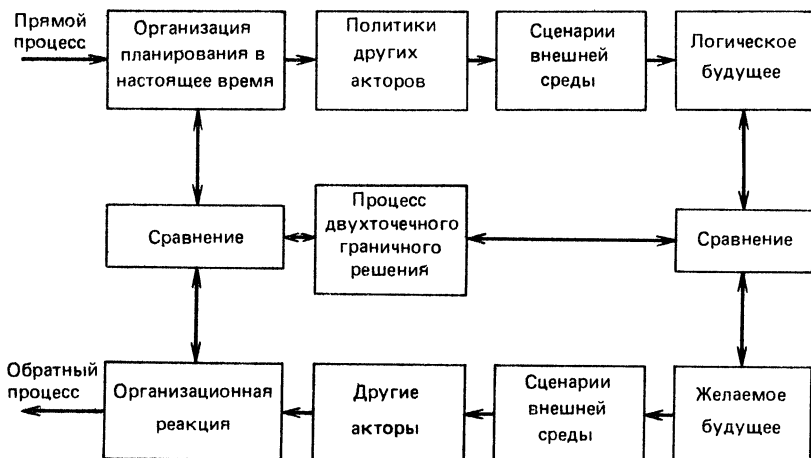
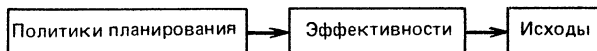


Рис. 6.1. Схематическое воспроизведение основных ориентиров планирования

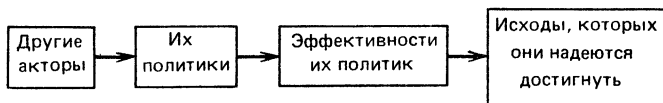
отношения доминирования — реверсированы. Наша цель — показать, что использование иерархий в качестве организационного принципа для двухточечной граничной задачи планирования позволяет получить целый ряд решений, так как направления доминирования явно выражены.

#### ПРЯМОЙ ПРОЦЕСС

Иерархию прямого, или проектируемого, процесса можно охарактеризовать следующей последовательностью:



Этот процесс можно описать более детально, если разбить уровень эффективностей на две компоненты: в первую компоненту войдут события, которые появляются из-за целенаправленного поведения других акторов, во вторую — события, появление которых нельзя объяснить целенаправленным поведением акторов (например, погода). Целенаправленное поведение — само по себе иерархия, диаграмму которой можно составить из следующих элементов:



Некоторые люди используют термин «деловая среда» для описания поведения других акторов, которое прямо влияет на организационную эффективность. В число таких акторов входят поставщики, вкладчики, потребители и т. д. Этот анализ, в свою очередь, можно расширить, добавив еще один уровень для анализа элементов, которые вносят вклад в эффективность поведения элементов деловой среды. Целенаправленное поведение этих акторов создает косвенный эффект воздействия на организацию; некоторые исследователи используют термин «контекстуальная среда» для описания подобных эффектов. На рис. 6.2 представлена диаграмма иерархии проектируемого процесса, куда включено явное воздействие деловой среды.

Отметим, что естественное ветвление иерархии для проектируемого процесса создает большое число возможных исходов даже при малом числе начальных политик. Существуют ситуации, когда элементы (переменные состояния) различных исходов совместимы и поэтому могут быть объединены в один обобщенный исход. Из чистых исходов получения энергии с помощью ядерной установки, ископаемого топлива или солнечной энергии можно выработать комбинированную стратегию всех трех исходов. Однако исходы могут быть несовместимы, что не позволяет их объединять. Напри-

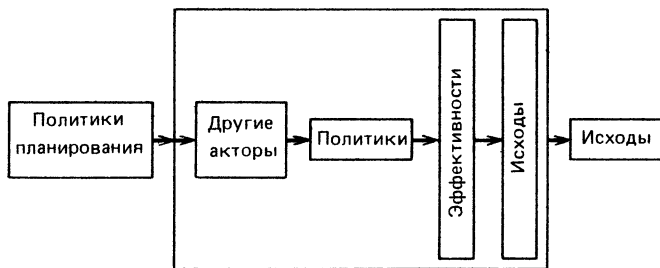
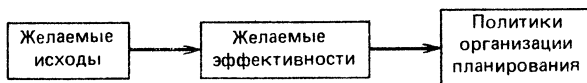


Рис. 6.2. Эффективности

мер, существование различных вариантов размещения промышленного объекта не означает, что его можно расположить по частям в разных местах. Нужно выбрать только одно из этих мест.

### ОБРАТНЫЙ ПРОЦЕСС

Иерархию обратного, или желаемого, процесса можно охарактеризовать следующей последовательностью:



Желаемый процесс начинается там, где завершается проектируемый процесс. Организация, во-первых, изучает диапазон проектируемых исходов и определяет множество исходов, вероятность которых желательно увеличить, а также множество исходов, вероятность которых желательно минимизировать. Затем возвращаются к эффективности, чтобы идентифицировать изменения, которые критичны относительно достижения этой цели. Изменения нужно проводить с помощью политик планирования, выбранных организацией для влияния на действия ключевых акторов в деловой среде. Такие политики называются *контрмерами* и разрабатываются для повышения эффективности других политик. Эти контрмеры могут достигнуть своего назначения путем обучения акторов прямо менять свой выбор, *мотивации* их изменением ценности исходов, *побуждения* изменения их поведения при воздействии на эффективность их выборов. Побуждение может, конечно, происходить при прямом действии организации, если есть возможность воздействовать на эффективность, или посредством инструкции или другой мотивации членов контекстуальной среды, которые являются частью деловой среды акторов.

Иерархия для желаемого процесса может быть представлена, как показано на рис. 6.3.

Отметим, что эти два иерархических процесса производят противоположный эффект. Проектируемый процесс начинается с ма-



Рис. 6.3. Желаемая эффективность

лого числа политик планирования и производит множество возможных исходов. Желаемый процесс начинается с малого числа исходов и производит множество вариантов политик. Отсюда возникает интересная и крайне релевантная двухточечная граничная задача: как согласовать в одно интегрированное решение множество вариантов, которые порождены раздельным определением каждой проблемы? Как будет показано далее на примерах, средством достижения этого является принцип выявления приоритетов метода анализа иерархий, который применяется на итерациях прямого и обратного процессов планирования.

#### 6.6. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ АНАЛИЗА В ПРЯМОМ И ОБРАТНОМ НАПРАВЛЕНИЯХ

Механика проведения прямого и обратного процессов планирования может быть кратко изложена следующим образом: после идентификации общего назначения задачи планирования составляется иерархия прямого процесса. Устанавливается единственный элемент, или фокус, который размещается в вершине иерархии. Во второй уровень иерархии следует включать различные экономические, политические и социальные силы, которые влияют на исход. Третий уровень состоит из акторов, которые манипулируют этими силами (иногда можно включать акторов во второй уровень, не упоминая силы). В четвертый уровень включаются цели каждого актора. Пятый (часто не обязательный) уровень иерархии содержит политики, которым следует каждый актор для достижения своих целей. Важен шестой уровень. В него включены возможные сценарии, или исходы, за которые борется каждый актор, как за результат реализации своих целей (и применяя при этом свои политики). Последний уровень иерархии — обобщенный исход, который представляет собой результат реализации всех этих сценариев. В конце концов, может существовать только одно возможное состояние, которое будет комбинацией попыток различных людей сформировать его так, чтобы удовлетворить свои интересы. Обобщенный сценарий называют также логическим исходом.

Из-за многих и часто противоречивых интересов, которые срываются в этом сценарии, в результате может получиться ослабленный вариант того, что каждый из акторов хочет видеть в качестве исхода. В результате один или несколько акторов могут начать

работать над изменением некоторых из своих политик, чтобы попытаться осуществить новый исход, который ближе к тому, что они хотят получить.

Это означает по существу переход к обратному процессу. В этом процессе каждый актер определяет для своего второго уровня один или несколько желаемых сценариев, которые он хочет реализовать, и определяет приоритеты этих сценариев с точки зрения их воздействия на его вариант обобщенного желаемого будущего. Третий уровень включает перечень проблем и ситуаций, которые могут воспрепятствовать реализации сценариев; четвертый — акторов (независимо от того, упомянуты они или нет при прямом процессе), которые могут повлиять на решение проблем; пятый — цели этих акторов. Шестой уровень может включать их политики (этого уровня может и не быть); седьмой — политики (или изменения в целях) отдельного актора, которые, в свою очередь, если следовать им, могут воздействовать на реализацию желаемых будущих состояний.

После определения приоритетов этих политик (или целей) в обратном процессе на повторной итерации прямого процесса применяются только самые важные из них. Они используются вместе с политиками предыдущей итерации прямого процесса, принадлежащими как раз тем актерам, которые хотят изменений. Приоритеты на повторном прямом процессе пересматриваются только с уровня целей, или если есть уровень политик, то с этого более низкого уровня. Затем сравниваются приоритеты обобщенного исхода повторного прямого процесса с приоритетами желаемых будущих состояний первого обратного процесса, чтобы увидеть, приближается ли логическое будущее к желаемому. Если этого не происходит, то проводится вторая итерация обратного процесса. На этой итерации изменяются приоритеты желаемых будущих состояний и/или проверяются новые политики. Те элементы, которые опять получили большой приоритет, используются на третьей итерации прямого процесса. Приоритеты сценария вычисляются и сравниваются с приоритетами, которые получены на второй итерации обратного процесса. Процедура повторяется до тех пор, пока полностью не будут исчерпаны возможности поиска путей увеличения вероятности осуществления логического исхода.

## ПЕРЕМЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ

Существует альтернативный способ использования весов, которые приписывают исходам. Сценарий описывает состояние системы. В этом состоянии система имеет определенную структуру и потоки. Для того чтобы их осмыслить и охарактеризовать, используют множество переменных, которые называются переменными состояниями. Они определяют структуру и потоки системы в этом состоянии. Так, можно определить множество переменных состояния и исполь-

зовать для описания результата процесса планирования. Эти переменные можно классифицировать в увязке с различными аспектами исхода: политическим, экономическим, социальным, юридическим. Каждый из основных сценариев можно описать на языке изменений каждой из этих переменных от статуса-кво. Интенсивность изменений измеряется с помощью шкалы разностей, в диапазоне  $-8...+8$ . Интерпретация этой шкалы дана в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Шкала разностей для сравнений**

Разность в значениях	Определение
0	Значение не изменяется
2 (–2)	Небольшое увеличение (уменьшение) значения
4 (–4)	Большое увеличение (уменьшение) значения
6 (–6)	Значительное увеличение (уменьшение) значения
8 (–8)	Максимальное увеличение (уменьшение) значения
1, 3, 5, 7	Промежуточные значения между двумя смежными суждениями
–1, –3, –5, –7	

#### **6.7. ПРИМЕР ПЛАНИРОВАНИЯ В ПРЯМОМ НАПРАВЛЕНИИ: РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В США (1985–2000 гг.)**

Эта иллюстрация основана на эксперименте, проведенном в феврале 1976 г. под руководством Т. Саати 28 преподавателями колледжей, которые в основном специализировались в области математических наук, на курсах Национального научного фонда типа Чатокуа по исследованию операций и системному анализу. Задача состояла в построении семи взвешенных сценариев и обобщенного сценария, которые могли бы описать будущее высшего образования в США на период 1985–2000 гг.

На рис. 6.4 представлена иерархическая структура факторов, акторов и мотивировок, которые представлялись группе как цепь возможных влияний на систему высшего образования между 1985 и 2000 годами. Мы не даем строгого определения различных терминов, хотя во время обсуждения, которое заняло около девяти часов, был выявлен смысл каждого из них.

Предложено семь сценариев:

1. Проекция. Проекция настоящего (1976 г.) на будущее с учетом незначительных изменений.
2. Навыки. Ориентация на приобретение профессиональных навыков.
3. Все. Образование для всех (субсидирование образования).
4. Элита. Образование для избранных (для тех, у кого есть деньги или исключительные способности).
5. Власти. Отсутствие частных вузов (все субсидируются властями).



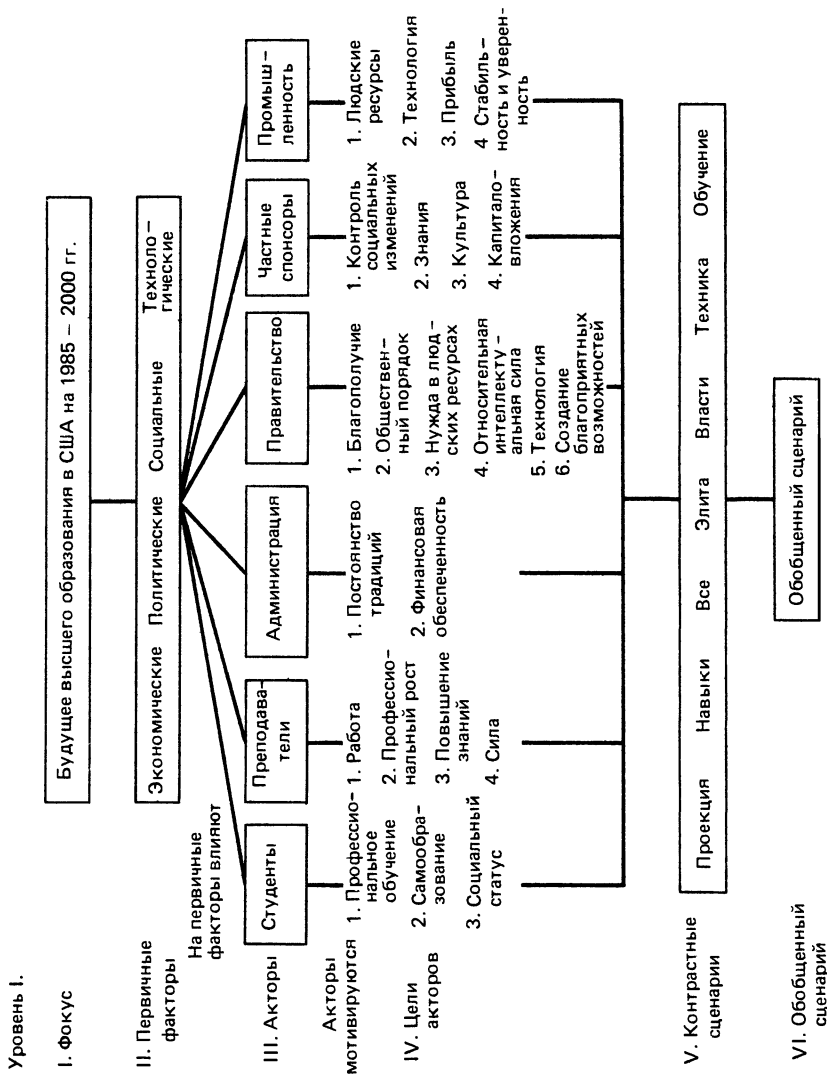


Рис. 6.4. Иерархия влияний на высшее образование

6. Техника. Ориентация на применение современных средств обучения (занятия по телевизору, компьютеры).
7. Обучение. В вузах научные исследования не проводятся, акцент делается только на обучение.

Рассмотрение и оценка характеристик в соответствии с различными сценариями приведены в табл. 6.2. Шкала состоит из целых чисел от  $-8$  до  $+8$ . К этим оценкам группа пришла путем консенсуса.

Таблица 6.2

Оценки переменных состояния по шкале  $-8...+8$  для семи сценариев

Переменные состояния \ Веса сценариев	0,099 1 Проек- ция	0,260 2 Навы- ки	0,203 3 Все	0,165 4 Элита	0,126 5 Власти	0,067 6 Техни- ка	0,079 7 Обу- чение	Обобщенные веса
<b>Студенты</b>								
Число	-3	+3	+6	-5	-2	+3	-3	0,59
Тип	-2	-3	-5	+5	-2	-3	-2	-1,78
Функции	+2	-2	0	+2	0	-3	+3	0,04
Работа	+2	+6	-5	+6	+2	-3	+1	1,94
<b>Преподаватели</b>								
Число	-3	+3	+6	-5	-2	-8	-6	-0,39
Тип	+2	0	-3	+3	+2	+3	-5	0,14
Функции	-3	-5	-3	+2	-3	-8	-8	-3,42
Обеспеченность работой	-3	+2	+3	-5	-2	-6	-6	-1,19
Академическая свобода	0	-3	0	+3	-2	-6	-8	-1,57
<b>Учебные заведения</b>								
Число	-2	+3	+3	-5	-2	-6	-2	-0,45
Тип	-2	-6	-5	+5	-2	-5	-5	-2,93
Управляющая струк- тура	+3	+6	+4	-3	+3	+8	+8	3,31
Эффективность	+3	+5	-3	+6	-2	-2	0	1,59
Доступность	0	+3	+8	-5	+3	+6	+2	2,52
Культура и досуг	0	-3	+5	+5	+2	-5	-2	0,82
Денежные средства и другие ресурсы	-2	+3	+3	-3	0	-2	-5	0,17
<b>Образование</b>								
Учебная программа	+2	-3	+3	+5	+2	0	-2	0,95
Продолжительность обучения	0	-5	+3	0	+2	+3	0	0,24
Значимость ученой сте- пени	-2	0	-3	+6	-2	-3	-3	-0,51
Стоимость обучения	+5	+5	+5	+6	+3	-2	-2	3,89
Исследования, прово- димые преподавателя- ми	+2	-2	-2	+5	+2	-5	-6	-0,46

Нуль означает (по мнению группы) сохранение существующего положения. Положительные целые числа — различную степень «увеличения», или «больше, чем теперь». Отрицательные числа — «уменьшение», или «меньше, чем теперь». Например, для вузов управляющая структура в шестом сценарии принимает значение 8. Это означает, что группа полагала, что будет гораздо большая степень административного контроля по сравнению с нынешним положением в системе высшего образования, ориентированной на широкое применение технических средств. С другой стороны, если пройдет третий сценарий (образование для всех), то значимость ученой степени в системе образования значительно уменьшится (—3) по сравнению с состоянием на сегодня. Строка «Веса сценариев» и столбец «Обобщенные веса» были пусты в начале этой работы. Их заполнение было предметом данного исследования.

Матрицы, пронумерованные римскими цифрами, относятся к уровням, которые изображены на рис. 6.4. Так, например, в матрице I.1 группа считала, что экономика будет иметь строгое доминирование над технологией при сопоставлении их воздействий на высшее образование в США в будущем. Поэтому элементу, который находится на пересечении строки I и столбца 4, присвоено значение 5.

На уровне II есть только одна матрица парных измерений доминирования, так как каждая пара сравнивается относительно ее воздействия на высшее образование.

### 1.1. Какой фактор имеет наибольшее воздействие на высшее образование?

Высшее образование	Экономический	Политический	Социальный	Технологический	Собственный вектор
Экономический	1	4	3	5	0,549
Политический	1/4	1	1/3	1	0,106
Социальный	1/3	3	1	2	0,236
Технологический	1/5	1	1/2	1	0,109
					$\lambda_{\max} = 4,06$

Из этой матрицы видно, например, что группа считала экономический фактор в некоторой степени доминирующим (4) над политическим фактором по степени воздействия на высшее образование.

Теперь каждая пара акторов на уровне III сравнивается относительно степени воздействия на факторы уровня II. Очевидно, имеются четыре матрицы доминирования, или важности.

II.1. Какой из акторов обладает наибольшим влиянием на экономику?

Экономика	Студенты	Преподаватели	Администрация	Правительство	Частный сектор	Промышленность	Собственный вектор
Студенты	1	3	1/2	1/8	1/5	1/8	0,04
Преподаватели	1/3	1	1/5	1/8	1/6	1/8	0,02
Администрация	2	5	1	1/7	1/3	1/5	0,06
Правительство	8	8	7	1	5	4	0,47
Частный сектор	5	6	3	1/5	1	1/5	0,12
Промышленность	8	8	5	1/4	5	1	0,28
$\lambda_{\max} = 6,67$							

II.2. Какой из акторов обладает наибольшим влиянием на политику?

Политика	Студенты	Преподаватели	Администрация	Правительство	Частный сектор	Промышленность	Собственный вектор
Студенты	1	1	3	1/7	1/5	1/7	0,044
Преподаватели	1	1	5	1/7	1/5	1/7	0,044
Администрация	1/3	1/3	1	1/7	1/5	1/7	0,027
Правительство	7	7	7	1	7	5	0,500
Частный сектор	5	5	5	1/7	1	1/6	0,116
Промышленность	7	7	7	1/5	6	1	0,270
$\lambda_{\max} = 6,93$							

II.3. Какой из акторов обладает наибольшим влиянием на социальные исходы?

Социальные исходы	Студенты	Преподаватели	Администрация	Правительство	Частный сектор	Промышленность	Собственный вектор
Студенты	1	3	3	1/5	1	1/5	0,102
Преподаватели	1/3	1	4	1/5	1/3	1/4	0,067
Администрация	1/3	1/4	1	1/5	1/5	1/5	0,037
Правительство	5	5	5	1	4	3	0,411
Частный сектор	1	3	5	1/4	1	1/3	0,121
Промышленность	5	4	5	1/3	3	1	0,262
$\lambda_{\max} = 6,59$							

## II.4. Какой из акторов обладает наибольшим влиянием на технологию?

Технология	Студенты	Преподаватели	Администрация	Правительство	Частный сектор	Промышленность	Собственный вектор
Студенты	1	1/7	1/3	1/8	1/8	1/9	0,022
Преподаватели	7	1	7	1/4	1/3	1/5	0,105
Администрация	3	1/7	1	1/7	1/7	1/8	0,034
Правительство	8	4	7	1	2	1/3	0,231
Частный сектор	8	3	7	1/2	1	1/5	0,165
Промышленность	9	5	8	3	5	1	0,443
							$\lambda_{\max} = 6,67$

Цели каждого из шести акторов попарно сравниваются для каждого актора. В результате получается собственный вектор, который, по существу, отражает упорядочение и веса целей.

### III.1. Какая из целей важнее для студентов?

Студенты	Профессиональное обучение	Самообразование	Социальный статус	Собственный вектор
Профессиональное обучение	1	4	7	0,687
Самообразование	1/4	1	5	0,243
Социальный статус	1/7	1/5	1	0,069
				$\lambda_{\max} = 3,12$

### III.2. Какая из целей важнее для профессорско-преподавательского состава?

Профессорско-преподавательский состав	Работа	Профессиональный рост	Улучшение знаний	Уверенность	Собственный вектор
Работа	1	5	4	6	0,596
Профессиональный рост	1/5	1	1	3	0,151
Улучшение знаний	1/4	1	1	5	0,190
Уверенность	1/4	1/3	1/5	1	0,060
					$\lambda_{\max} = 4,17$

### III.3. Какая из целей важнее для администрации?

Администрация	Сохранение традиций	Финансовая уверенность	Собственный вектор
Сохранение традиций	1	1/3	0,250
Финансовая уверенность	3	1	0,750
			$\lambda_{\max} = 2,00$

### III.4. Какая из целей важнее для правительства?

Правительство	Благополучие	Общественный порядок	Людские ресурсы	Относительная интеллектуальная сила	Технология	Создание благоприятных возможностей	Собственный вектор
Благополучие	1	1/5	3	3	5	6	0,203
Общественный порядок	5	1/5	5	7	8	8	0,516
Людские ресурсы	1/3		1	1/2	3	5	0,092
Относительная интеллектуальная сила	1/3	1/7	2	1	3	5	0,110
Технология	1/5	1/8	1/3	1/3	1	4	0,051
Создание благоприятных возможностей	1/6	1/8	1/5	1/5	1/4	1	0,027
$\lambda_{\max} = 6,56$							

### III.5. Какая из целей важнее для частных спонсоров?

Частный сектор	Контроль социальных изменений	Знания	Культура	Капиталовложения	Собственный вектор
Контроль социальных изменений	1	3	3	1/5	0,220
Знания	1/3	1	3	1/3	0,139
Культура	1/3	1/3	1	1/6	0,065
Капиталовложения	5	3	6	1	0,576
$\lambda_{\max} = 4,31$					

### III.6. Какая из целей важнее для промышленности?

Промышленность	Людские ресурсы	Технология	Прибыль	Стабильность и уверенность	Собственный вектор
Людские ресурсы	1	1/4	1/9	1/7	0,040
Технология	4	1	1/7	1/7	0,084
Прибыль	9	7	1	1/3	0,331
Стабильность и уверенность	7	7	3	1	0,546
$\lambda_{\max} = 4,40$					

Следующим этапом было нахождение степени важности акторов относительно факторов, влияющих на высшее образование. Эту оценку провели, умножив справа матрицы собственных векторов акторов относительно каждого фактора уровня III на собственный вектор, который был получен для уровня II

$$\begin{bmatrix} 0,04 & 0,04 & 0,10 & 0,02 \\ 0,02 & 0,04 & 0,07 & 0,10 \\ 0,06 & 0,03 & 0,04 & 0,03 \\ 0,47 & 0,50 & 0,41 & 0,23 \\ 0,12 & 0,12 & 0,12 & 0,16 \\ 0,28 & 0,27 & 0,26 & 0,44 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,55 \\ 0,11 \\ 0,24 \\ 0,11 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,04 \\ 0,05 \\ 0,44 \\ 0,13 \\ 0,29 \end{bmatrix}$$

Так как на акторы — правительство и промышленность — приходится  $73\% = (0,44 + 0,29) \cdot 100$  воздействия на четыре первичных фактора, влияющих на высшее образование, было решено использовать только эти два актора для получения весов сценариев. Если взять больше акторов, то вычислительная процедура будет той же, что изложенная ниже, только возрастет объем работы.

Теперь можно найти важнейшие цели двух акторов — правительства и промышленности. Для этого нужно умножить собственный вектор целей на соответствующий вес актора, который был только что вычислен.

Для правительства

$$0,44 \times \begin{bmatrix} 0,20 \\ 0,52 \\ 0,09 \\ 0,11 \\ 0,05 \\ 0,03 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,09 \\ 0,23 \\ 0,02 \\ 0,05 \\ 0,02 \\ 0,01 \end{bmatrix}$$

*Благополучие*  
*Общественный порядок*  
*Людские ресурсы*  
*Относительная интеллектуальная сила*  
*Технология*  
*Создание благоприятных возможностей*

Для промышленности

$$0,29 \times \begin{bmatrix} 0,04 \\ 0,08 \\ 0,33 \\ 0,55 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,01 \\ 0,02 \\ 0,10 \\ 0,16 \end{bmatrix}$$

*Людские ресурсы*  
*Технология*  
*Прибыль*  
*Стабильность и уверенность*

Из этого видно, что для правительства наиболее влиятельными целями являются *благополучие* и *общественный порядок*, а для промышленности — *прибыль* вместе со *стабильностью и уверенностью*. Используя эти четыре цели и нормализуя их веса, можно получить вектор весов:

$$\begin{bmatrix} 0,16 \\ 0,40 \\ 0,17 \\ 0,27 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \text{Благополучие} \\ \text{Общественный порядок} \\ \text{Прибыль} \\ \text{Стабильность и уверенность} \end{array}$$

Этот вектор применяется для получения весов сценариев.

Последний этап, который необходим для получения весов сценариев,— построение матриц доминирования относительно каждой цели для семи сценариев (в нашем случае четырех целей).

#### IV.1. Реализация какого из сценариев может в большей степени повлиять на благополучие США?

Благополучие	Проек-ция	Навы-ки	Все	Элита	Власти	Тех-ника	Обуче-ние	Собственный вектор
Проекция	1	1/5	1/5	5	1	5	5	0,129
Навыки	5	1	3	7	1	5	5	0,329
Все	5	3	1	7	5	5	5	0,275
Элита	1/5	1/7	1/7	1	1/5	3	1	0,041
Власти	1	1	1/5	5	1	3	3	0,149
Техника	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1	1/3	0,032
Обучение	1/5	1/5	1/5	1	1/5	3	1	0,045
$\lambda_{\max} = 7,96$								

#### IV.2. Реализация какого из сценариев может в большей степени повлиять на общественный порядок США?

Общественный порядок	Проек-ция	Навы-ки	Все	Элита	Власти	Тех-ника	Обуче-ние	Собственный вектор
Проекция	1	1/3	1/5	5	1	3	3	0,125
Навыки	3	1	1/3	5	1	3	3	0,180
Все	5	3	1	5	3	5	5	0,369
Элита	1/5	1/5	1/5	1	1/5	1/3	1/2	0,033
Власти	1	1	1/3	5	1	5	5	0,177
Техника	1/3	1/3	1/5	3	1/5	1	1/3	0,050
Обучение	1/3	1/3	1/5	2	1/5	3	1	0,065
$\lambda_{\max} = 7,60$								

#### IV.3. Реализация какого из сценариев может в большей степени повлиять на прибыльность?

Прибыль	Проек-ция	Навы-ки	Все	Элита	Власти	Тех-ника	Обуче-ние	Собственный вектор
Проекция	1	1/5	4	1/5	3	1/3	1/3	0,057
Навыки	5	1	7	1	3	5	5	0,309
Все	1/4	1/7	1	1/8	1/3	1/3	1/3	0,028
Элита	5	1	8	1	6	5	5	0,331
Власти	1/3	1/3	3	1/6	1	1/4	1/3	0,048
Техника	3	1/5	3	1/5	4	1	3	0,129
Обучение	3	1/5	3	1/5	3	1/3	1	0,089
$\lambda_{\max} = 7,79$								



#### IV.4. Реализация какого из сценариев может в большей степени повлиять на стабильность промышленных методов и уверенность?

Стабильность и уверенность	Проек-ция	Навы-ки	Все	Элита	Власти	Тех-ника	Обуче-ние	Собственный вектор
Проекция	1	1/7	7	1/5	1	1/3	1/4	0,062
Навыки	7	1	5	1	5	3	5	0,306
Все	1/7	1/5	1	1/8	1/5	1/3	1/4	0,026
Элита	5	1	8	1	6	5	5	0,330
Власти	1	1/5	5	1/6	1	3	1/3	0,085
Техника	3	1/3	3	1/5	1/3	1	1/3	0,075
Обучение	4	1/5	4	1/5	2	2	1	0,115
$\lambda_{\max} = 7,94$								

Для получения весов сценариев нужно умножить матрицу только что полученных собственных векторов сценариев на вектор весов четырех наиболее важных факторов (благополучие, общественный порядок, прибыль, стабильность и уверенность). В результате получаются веса сценариев, указанные в табл. 6.2 под наименованием сценариев.

Благопо- лучие	Общест- венный порядок	Прибыль	Стабиль- ность и уверен- ность	
0,129	0,125	0,057	0,062	$\times \begin{bmatrix} 0,16 \\ 0,40 \\ 0,17 \\ 0,27 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,099 \\ 0,260 \\ 0,203 \\ 0,165 \\ 0,126 \\ 0,067 \\ 0,079 \end{bmatrix}$
0,329	0,180	0,309	0,306	
0,275	0,369	0,028	0,026	
0,041	0,033	0,331	0,330	
0,149	0,177	0,048	0,085	
0,032	0,050	0,129	0,075	
0,045	0,065	0,089	0,115	

Отметим, что второй сценарий имеет наибольший вес — 0,260. Этот результат означает, что группа отдала предпочтение этому сценарию. Можно описать сценарий следующим образом.

«Высшее образование в США после 1985 г. будет ориентировано на приобретение профессиональных навыков. Будет больше студентов с худшими интеллектуальными способностями. Они будут несколько менее активно участвовать в жизни институтов, однако у них не будет проблем в трудоустройстве после окончания вуза.

Будет больше преподавателей примерно такого же интеллектуального уровня, как в настоящее время, однако они будут играть значительно меньшую роль в управлении вузом. Они будут несколько лучше обеспечены работой, чем теперь, но с меньшей степенью академической свободы. Что касается вузов, то их число увеличится, но они будут в меньшей степени ориентированы на научную работу.

Администрация будет значительно эффективнее контролировать вуз (при меньших трениях со студентами). Обучение будет более доступным, однако роль вузов в культурной жизни и досуге несколько понизится. Вузы будут располагать большими возможностями, чем сейчас, в получении денежных средств и других ресурсов.

Наконец, учебные программы будут больше ориентированы на приобретение студентами практических навыков, хотя, возможно, для развития личности было бы полезнее иное. Время, которое необходимо на получение диплома и степени, будет значительно меньше, но значимость их изменится не очень существенно. Стоимость обучения одного студента возрастет. Исследовательской работы будет немножко меньше».

Теперь построим обобщенный сценарий, т. е. сценарий, полученный после определения значений каждой характеристики по обобщенной шкале измерений. Эту шкалу можно получить, если просуммировать произведения весов сценариев на соответствующие значения характеристик. Например, для числа студентов имеем  $(-3) \times (0,099) + (3) \times (0,260) + (6) \times (0,203) + (-5) \times (0,165) + (-2) \times (0,126) + (3) \times (0,067) + (-3) \times (0,079) = 0,59$ .

Данный результат занесен в крайний справа столбец табл. 6.2. Аналогично определяются и остальные элементы этого столбца. Можно предложить следующую интерпретацию обобщенного сценария:

«В США число людей, имеющих отношение к высшему образованию (студенты, преподаватели и т. д.) начиная с 1985 г. и далее, практически не увеличится. Если оценить возможный уровень студентов в будущем по нынешним стандартам, то он будет несколько ниже сегодняшнего. Роль студентов в формировании образовательной политики университетов не изменится. Их шансы получить работу после окончания обучения будут несколько большими, чем сегодня.

Характеристики преподавателей (число, обладатели докторской степени) будут примерно теми же, что и сегодня. Однако роль этой группы в студенческой жизни значительно снизится из-за меньшей академической свободы и обеспеченности работой.

Число вузов изменится не очень сильно, если изменится вообще. Вузы будут менее ориентированы на научную работу и находиться под большим контролем со стороны администрации. Эффективность несколько увеличится (при меньших трениях со студентами). Доступность вузов будет большая, однако их роль в культурных мероприятиях и проведении досуга останется примерно такой же, что и в 1976 г. Ассигнования практически не возрастут.

Не претерпит больших изменений качество учебных программ, а также продолжительность обучения, значимость дипломов и степеней. Плата за учебу существенно увеличится. Количество научно-исследовательских работ останется примерно на том же уровне».

В процессе исследования было высказано предположение, что результаты изменятся, если исключить уровень II. В этом случае понадобится собственный вектор для матрицы доминирования акторов размерностью  $6 \times 6$ . Была построена матрица доминирования и получены следующие результаты:

Высшее образование	Студен-ты	Препо-дава-тели	Адми-нист-рация	Прави-тель-ство	Част-ный сектор	Про-мыш-лен-ность	Собственный вектор
Студенты	1	3	3	1/6	1	1/5	0,09
Преподаватели	1/3	1	1/3	1/6	1/3	1/5	0,04
Администрация	1/3	3	1	1/6	1/3	1/5	0,05
Правительство	6	6	6	1	5	3	0,44
Частный сектор	1	3	3	1/5	1	1/5	0,09
Промышленность	5	5	5	1/3	5	1	0,28
							$\lambda_{\max} = 6,50$

Если сравнить этот вектор с весами акторов, полученными ранее, можно заметить большое сходство.

Далее было предложено добавить на уровне II еще один первичный фактор — идеологию. Для уровня II была сформирована новая матрица доминирования (та же, что и ранее, с добавлением одной строки и столбца).

Высшее образование	Экономи-ческий	Полити-ческий	Социаль-ный	Техноло-гический	Идеоло-гический	Собствен-ный вектор
Экономический	1	4	3	5	6	0,50
Политический	1/4	1	1/3	1	1	0,29
Социальный	1/3	3	1	2	3	0,22
Технологический	1/5	1	1/2	1	1	0,10
Идеологический	1/6	1	1/3	1	1	0,09
						$\lambda_{\max} = 5,05$

Сравнив этот собственный вектор с полученными ранее, можно убедиться в их близости.

#### 6.8. ПРИМЕР ПЛАНИРОВАНИЯ В ОБРАТНОМ НАПРАВЛЕНИИ С ВЫБОРОМ ПРОГРАММЫ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСОВ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Имеется блок, который используется в коммерческих энергоустановках, технологически сложный, связанный с проблемами проведения полевых испытаний и еще находящийся в стадии производства. Проводится научно-исследовательская работа (НИР) с целью имитации полевых испытаний, подготовки агрегатов к работе в режиме непосредственного управления и усовершенствования для обеспечения возможности его использования в перспективных конструкциях. Стратегическое планирование необходимо для выбора программы (эквивалента выбора политики в поведенческих проблемах) на пять лет, определяющей способ проведения этой НИР.

При обратном процессе планирования иерархия сводится к про-

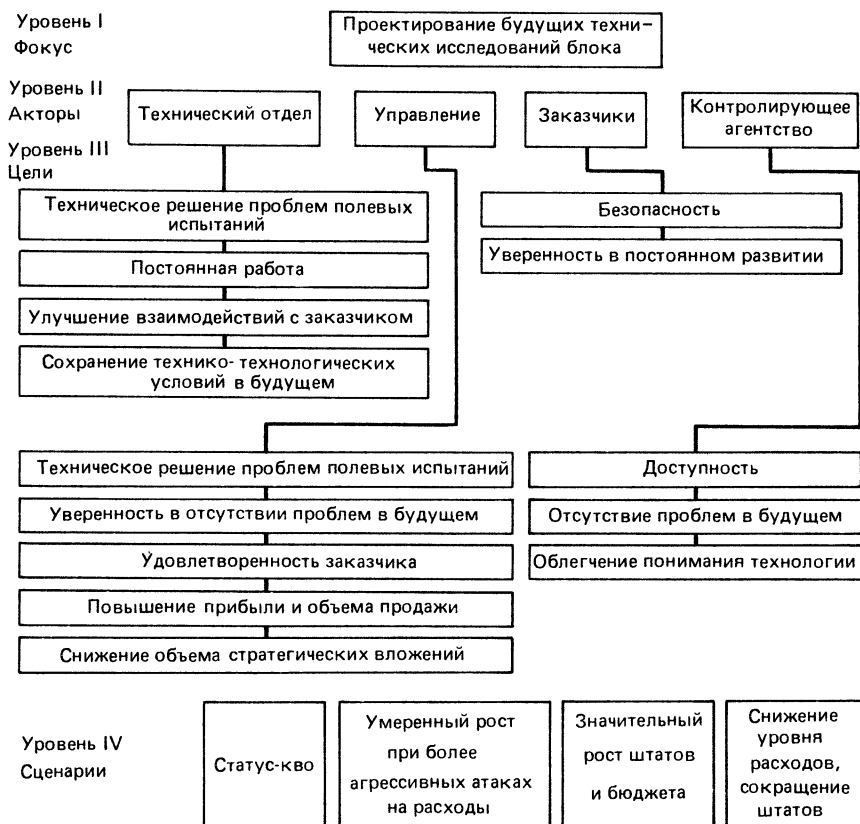


Рис. 6.5. Иерархия прямого процесса

граммам и подпрограммам, которые требуются для реализации желательного исхода. Иерархию обратного процесса планирования нужно составить после завершения прямого процесса планирования. Результаты прямого процесса, которые приведены на рис. 6.5, могут и должны воздействовать на обратный процесс. Прямой процесс использовался для определения контрастных сценариев, по которым могут происходить будущие технические исследования блока.

Иерархия обратного процесса приведена на рис. 6.6. Ее фокус — желаемое будущее технических исследований, связанных с блоком. Исследование проводилось для определения необходимых мероприятий по усовершенствованию блока. Желаемым сценарием стал «умеренный рост при более агрессивных атаках на расходы».

Этот сценарий был выбран для анализа как обеспечивающий ресурсы, необходимые для решения различных технических про-

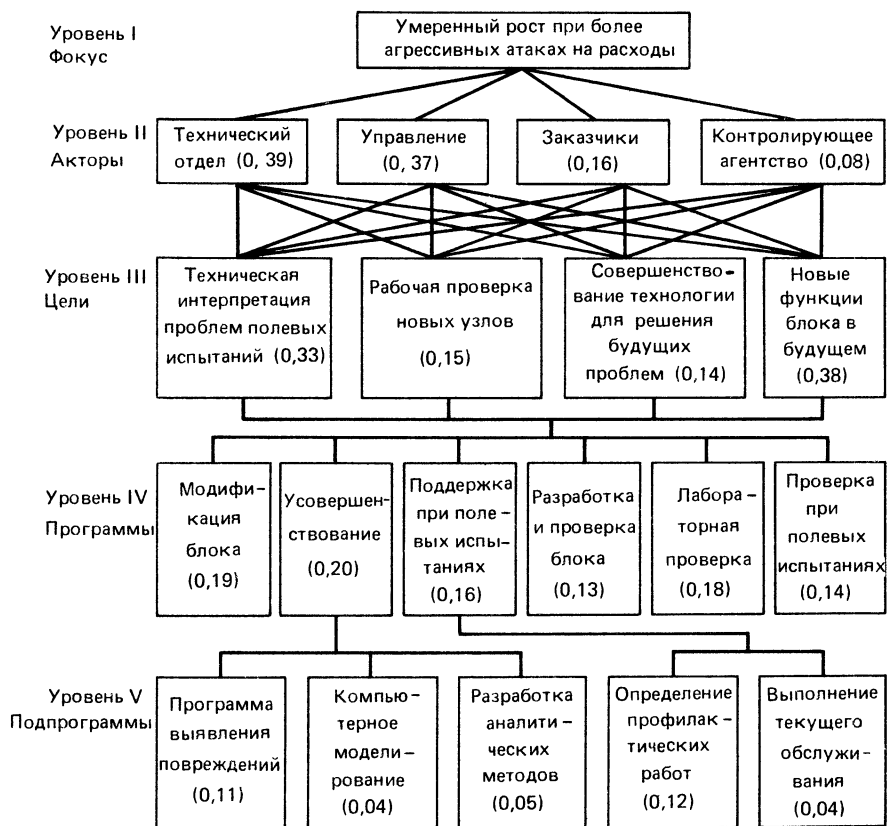


Рис. 6.6. Иерархия обратного процесса

блем, которые могли возникнуть при работе с блоком. Этот сценарий — один из четырех контрастных сценариев прямого процесса и его посчитали наиболее вероятным.

Уровень II обратного процесса включает четырех акторов, которые влияют на реализацию желаемого сценария. Уровень III включает цели организации, производящей блок, и их важность относительно ключевых акторов. Уровень IV включает возможные программы, которым нужно следовать, чтобы осуществить желаемое будущее. Детализация этого приведена на уровне V в виде подпрограмм. Это составные элементы второй и третьей программ; первую и последние три программы разбить нельзя. В процессе определения приоритетов устанавливались суждения как ответы на вопрос: какой из двух сравниваемых элементов вносит больший вклад в элемент более высокого уровня иерархии и на сколько?

Приоритеты каждого элемента приведены на рис. 6.6. Они отражают сравнительную полезность элемента.

Затем проводился анализ «стоимость-эффективность» с использованием приоритетов полезности программ, которые были определены в иерархии обратного процесса, и сравнительных издержек, выраженных в долларах, для каждой из шести программ. Эффективности и издержки приведены в табл. 6.3. Полученные отношения эффективности к издержкам показывают, что третья программа наиболее предпочтительна, за ней следует четвертая, а затем — вторая программа. Для проведения маргинального анализа список издержек составляется в порядке возрастания и над ними проставляются соответствующие эффективности.

Эффективности 0,13 0,16 0,20 0,14 0,18 0,19  
Издержки 0,06 0,07 0,11 0,17 0,29 0,30

Таблица 6.3

**Сравнение эффективности с издержками**

Программа	Издержки (нормализованные)	Эффективность	Отношения
Модификация блока	0,30	0,19	0,63
Усовершенствование	0,11	0,20	1,82
Поддержка при полевых испытаниях	0,07	0,16	2,29
Разработка и проверка блока	0,06	0,13	2,17
Лабораторная проверка	0,29	0,18	0,62
Проверка при полевых испытаниях	0,17	0,14	0,82

Далее берутся первые элементы и определяются отношения эффективности к стоимости. Нужно исследовать сравнительные разности, получаемые в результате деления разности между эффективностями на соответствующие разности стоимостей. Если какое-либо отношение получается отрицательным, то программа, которой соответствует это отношение, исключается из рассмотрения и отношение разностей определяется для следующей программы и так далее. Имеем  $0,13/0,06 = 2,17$ ;  $(0,16 - 0,13)/(0,07 - 0,06) = 3$ ;  $(0,20 - 0,16)/(0,11 - 0,07) = 1$ ; отношения  $(0,14 - 0,20)/(0,17 - 0,11)$  и  $(0,18 - 0,20)/(0,30 - 0,11)$  дают отрицательные числа, поэтому опускаются. Таким образом, наиболее желательная программа — поддержка при полевых испытаниях — третья в списке, затем четвертая, за которой следует вторая программа.

## 6.9. ПЛАНИРОВАНИЕ В ПРЯМОМ И ОБРАТНОМ НАПРАВЛЕНИЯХ ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ПРОДУКЦИИ <sup>1</sup>

Компания X — ведущий производитель бытовой продукции, такой, как стиральные порошки, жидкость для мойки посуды, очиститель стекол и т. д. Положение компании в промышленности бытовой продукции нестабильно и зависит от текущих экономических условий. Например, исследования, проведенные отделом маркетинга X, показывают, что потребители становятся более чувствительными к цене и менее лояльными к марке фирмы. В результате доля на рынке (процент в общем обороте промышленности бытовой продукции) первичных продуктов и других недорогих марок увеличилась за счет широко известных в стране марок, которые тоже производятся компанией X.

Положение X в промышленности неустойчиво не только из-за экономических условий и интенсивной конкуренции, но и из-за исторического доминирования X на рынке. В 60-х и 70-х годах компания владела большей долей на рынке в отрасли — почти в 3 раза большей, чем ближайший конкурент. Уверенная в своей популярности у потребителя X имела возможность требовать и получать много различных уступок от розничных торговцев. Например, X могла отказывать в финансировании рекламы тем торговцам, которые не соглашались на жестко определенные условия содействия, включая выставку товаров в магазине, организацию рекламы по местному телевидению и газетах и ограничения на рекламу для конкурентов. В результате среди торговцев компания X завоевала репутацию «хулиганствующей корпорации», свободно пользующейся своей популярностью у потребителя как средством, которое гарантирует ей «правила игры», соответствующие ее интересам. Отношения между компанией X и торговцами постоянно ухудшались, и, наконец, группа крупных торговцев затеяла тяжбу с компанией через федеральную торговую комиссию, приписывая ей нечестную торговую практику и требуя компенсацию за прошлые действия.

Снижения лояльности потребителей к торговой марке X дало торговцам больше подрывных средств для потенциального снижения контроля, которым обладала компания в отрасли. Например, торговцы могут чаще проводить дополнительные понижения цен или назначать более низкие рыночные цены на товары некоторых конкурентов. Так как потребители не так лояльны к марке, как когда-то, они будут покупать менее дорогие товары. Такие действия применялись торговцами в отместку за осознанное злоупотребление силой со стороны X.

В общем компании X брошен вызов изменившимся окруже-

---

<sup>1</sup> Авторы признательны Р. Сейслер, Ф. Домисону и М. Кину за разработку этого примера.

нием, и она должна принять решения для успешного выживания в этой новой обстановке. Конкретно, компания *X* решила, что прежде, чем возлагать надежды на эффективную конкуренцию ее продукции с другими менее дорогими марками товаров, нужно приложить усилия для улучшения отношений с торговцами. Наша цель — показать, как *X* может сделать это с помощью процесса планирования в прямом и обратном направлениях.

Отметим, что улучшение отношений с торговцами — только одна компонента более широкого плана, который разрабатывается *X* для возвращения былого доминирующего положения. Например, *X* также решила модернизировать упаковку некоторых старых товаров для того, чтобы они приобрели новый и более привлекательный вид. Кроме того, необходимо отметить, что стратегии завоевания рынка — принципиальные средства, которые могут быть использованы компанией *X* для улучшения отношений с торговцами. Стратегии завоевания рынка включают специфические договоренности между производителями и торговцами, касающиеся случающихся время от времени снижений цен на товары, специальных предложений (например, два предмета за цену одного), локальной (в противоположность национальной) рекламы, расположения товаров на прилавках и т. д. Компания *X* решила разработать новые стратегии завоевания рынка, которые будут находиться в соответствии как с ее собственными интересами, так и с интересами торговцев.

#### А. ПЕРВЫЙ ПРЯМОЙ ПРОЦЕСС ПЛАНИРОВАНИЯ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАВОЕВАНИЯ РЫНКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЫТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

При первом прямом процессе планирования, который является описательной ветвью метода анализа иерархий, специалисты по планированию построили иерархию (рис. 6.7), изучив окружение, в котором находится компания *X*. Напомним, что целью прямого процесса является проектирование логического будущего при заданных определенных предположениях о текущих тенденциях, например информации о целях акторов, которые играют важную роль в производстве бытовой продукции.

В этом примере компания *X* пытается проектировать стратегии завоевания рынка в общеотраслевых масштабах на последующие 10 лет. Влияние *X* на эти потенциально важные стратегии будет сдерживаться влиянием торговцев и конкурентов, производящих бытовые товары. Следует отметить, что потребители также должны быть включены в список важных акторов. Напомним, однако, что проблемой является улучшение отношений *X* с торговцами. Нужды потребителей отнесены к целям торговцев.

Иерархия имеет следующие уровни:

*Уровень 1. Фокус проблемы.* Фокус проблемы — прогнозировать



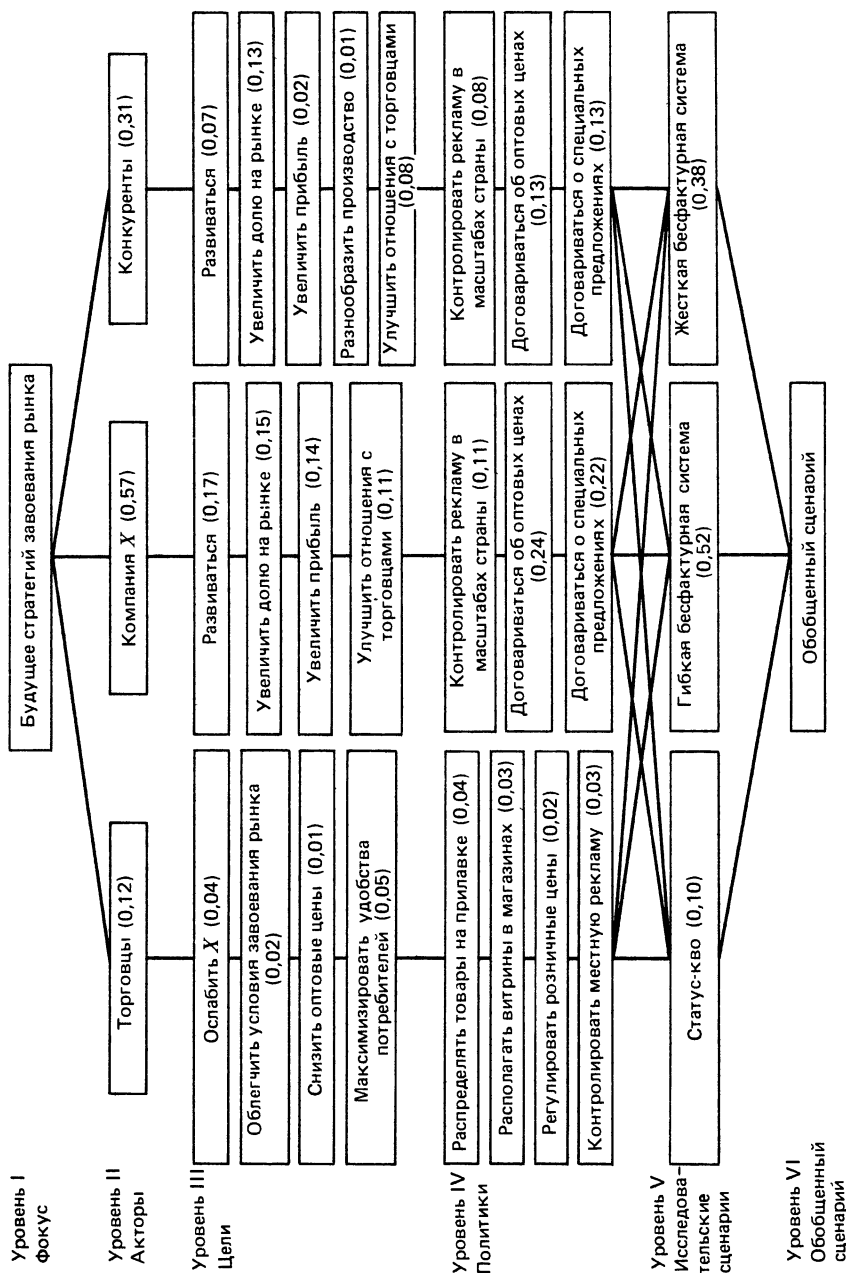


Рис. 6.7. Иерархия прямого процесса

методы завоевания рынка в промышленном производстве бытовой продукции.

*Уровень II. Акторы.* На этом уровне специалисты по планированию определили, какие акторы влияют на методы завоевания рынка в масштабах отрасли и, кроме того, их относительное влияние. Поэтому на этом уровне уместен был вопрос: каково влияние соответственно торговцев, компании *X* и конкурентов по отношению к перспективным методам завоевания рынка? Подробнее эти акторы описаны ниже.

*Уровень III. Цели акторов.* На этом уровне, например, специалисты по планированию спрашивали: «Какова взаимосвязь между ослаблением влияния *X* и смягчением требований к завоеванию рынка с точки зрения торговцев?» и т. д. для каждой пары целей и для каждого из акторов, определенных на втором уровне.

*Уровень IV. Политики акторов.* На уровне IV специалисты по планированию определили политики, которые применяются акторами для достижения соответствующих целей. Задавался вопрос такого типа: «как влияет перераспределение мест на прилавках между продукцией *X* и продукцией конкурентов на ослабление *X*?» и т. д. для каждой цели, определенной на третьем уровне.

*Уровень V. Исследовательские сценарии.* На этом уровне специалисты по планированию определили три сценария (обсуждаемые ниже), которые наилучшим образом описывали диапазон альтернативных будущих состояний.

*Уровень VI. Обобщенный сценарий.* Специалисты по планированию считали, что наиболее вероятным сценарием будет некоторая композиция трех сценариев, выявленных на пятом уровне. Обобщенный сценарий будет описан позже.

На уровне II специалисты по планированию смогли определить нормализованные веса каждого актора соответственно их относительной силе. Для простоты матрицы попарных сравнений здесь не приведены. Тем не менее краткое описание акторов поможет объяснить приоритеты, которые были получены из попарных сравнений на уровне II.

*Торговцы:* Владельцы и управляющие магазинов, в которых выставлены и продаются продукты компании *X* (и ее конкурентов). Хотя торговцы имеют некоторое влияние на выбор стратегий завоевания рынка, но оно не так велико, как у производителей в лице *X* и ее конкурентов.

*Компания X:* Несмотря на тот факт, что *X* растеряла часть былого влияния, она все же считается ведущим производителем в отрасли. Фактически ее влияние на будущее общепромышленных стратегий завоевания на рынке считается большим, чем совместное влияние ее конкурентов.

*Конкуренты:* Влияние конкурентов значительно и представляется постепенно возрастающим. Однако, по мнению специалистов по

планированию, конкуренты все еще не имеют в руках силы, равной силе компании *X*.

Затем планировщики определили приоритеты целей акторов и политик, которые используются для осуществления этих целей. Отметим, что цели компании *X* и ее конкурентов во многом схожи. Кроме того, *X* и ее конкуренты используют аналогичные политики, преследуя эти цели. Другими словами, производители в отрасли находятся в ситуации «с нулевой суммой», при которой преобладающее осуществление целей *X* будет иметь обратный эффект для конкурентов, и наоборот.

Наконец, специалисты по планированию определили приоритеты сценариев при заданных акторах, целях и политиках. Эти приоритеты выражают относительную вероятность осуществления каждого из трех сценариев. Краткое описание сценариев следующее.

*Сохранять статус-кво* — система возвращения счетов со строгим соблюдением условий, диктуемых стратегией завоевания рынка. В системе возвращения счетов торговец платит производителю оптовую цену за товары, не практикуется использование побудительных мотивов (т. е. снижения оптовой цены) кооперации с торговцем в планах завоевания рынка. Торговцы должны платить производителям включенную в цену стоимость завоевания рынка.

*Гибкая бесфактурная система* — система с гибким функционированием и без ответных действий (т. е. удержания средств на рекламу) производителей, если торговцы не строго соблюдают условия требований. В бесфактурной системе производители будут использовать оптовую цену как побудительный мотив для торговца к кооперации или самим быть инициаторами планов завоевания рынка.

*Жесткая бесфактурная система* — система без гибкости в реализации. Если супермаркет применяет только рекламные листки и витринные заголовки для рекламы, но не использует газеты, как того требуют производители, то он не получит соответствующую сумму за участие в рекламе.

Как показано на рис. 6.7, гибкая бесфактурная система представляется наиболее вероятным исследовательским сценарием для будущих стратегий завоевания рынка в отрасли при заданных целях торговцев, компании *X* и конкурентов. Однако, как уже отмечалось, обобщенный сценарий может включать смесь или композицию трех сценариев, так как единственный подход не может удовлетворить всех.

Зная относительные веса, приписанные трем сценариям, можно сформулировать обобщенный сценарий, который представляется четырьмя переменными состояния: доход от продажи, количество выпущенных товаров, сэкономленные средства, связанные с завоеванием рынка, и поток наличных денег. Необходимо краткое объяснение переменной состояния — «поток наличных денег». Функционирующая в настоящее время система позволяет компании *X* вкла-

дывать деньги для завоевания рынка до того, как торговцы заплатят ей за реализованную продукцию. При бесфактурной системе торговцы получают разрешение на продвижение на рынок немедленно и поэтому  $X$  не может вкладывать деньги.

Сначала нужно расположить переменные состояния по порядку приоритетов в соответствии с их важностью для компании  $X$  (табл. 6.4). Полученный таким образом индекс важности будет использован позднее при оценки степени сходимости между вероятным и желательным будущим — сходимости, которая достигается путем добавления некоторых определенных при обратном процессе политик. Эти политики будут обсуждаться позднее.

Таблица 6.4

Переменные состояния	Доходы от продажи	Объем выпущенных товаров	Сэкономленные суммы, связанные с выходом на рынок	Поток наличных денег	Вектор весов
Доходы от продажи	1	1/3	4	6	0,289
Объем выпущенных товаров	3	1	5	7	0,554
Сэкономленные суммы, связанные с выходом на рынок	1/4	1/5	1	3	0,106
Поток наличных денег	1/6	1/7	1/3	1	0,051
					$\lambda_{\max}=4,173$
					ИС 0,058
					ОС 0,064

Далее переменные состояния используются для получения контуров различных сценариев. Калибровочные числа — целые от  $-8$  до  $+8$ . Как отмечено ранее, нуль означает такое же положение вещей, как и в настоящее время. Положительные целые числа представляют различные степени «возрастания», или «больше, чем сейчас». Отрицательные целые числа представляют различные степени «уменьшения», или «меньше, чем сейчас». Например, в табл. 6.5 для потока наличных денег второму сценарию — гибкой бесфактурной системе — соответствует  $-6$ . Это отражает тот факт, что у  $X$  будет значительно меньше наличных денег, так как торговцы немедленно получают сумму за кооперацию сразу же при выходе на рынок, а не после оплаты счетов за понесенные расходы (Если переменная состояния отражает стоимость, а не прибыль, ее увеличение будет отрицательным, а уменьшение — положительным, так что общий результат будет выражать чистый доход.)

Следующий этап — получение обобщенного сценария. Как было показано ранее, обобщенная мера на шкале для переменной состояния получается, если просуммировать произведения весов сценариев (находящихся над наименованиями сценариев в табл. 6.5)

Таблица 6.5

**Калибровка переменных состояния относительно сценариев  
(первый прямой процесс)**

Переменные состояния	(0,10) Статус-кво	(0,52) Гибкая бесфак- турная система	(0,38) Жесткая бесфак- турная система	Первый прямой процесс
Доходы	2	7	5	5,74
Объем выпущенных това- ров	2	6	4	4,84
Сэкономленная сумма	—2	4	5	3,78
Поток наличных денег	2	—6	—5	—4,82
Обобщение				4,49

на соответствующие значения переменной состояния. Например, для дохода от продажи имеем

$$(2) \times (0,10) + (7) \times (0,52) + (5) \times (0,38) = 5,74.$$

Интерпретация этого числа — такая же («более, чем сейчас»/«менее, чем сейчас»), как и при калибровке самих переменных состояния. Таким образом представляется, что при вышеуказанных методах продвижения на рынок в будущем доходы от продажи будут увеличиваться довольно сильно.

Интерпретация этого сценария будет такой: программы завоевания рынка в будущем проявятся в значительном увеличении доходов от продажи и умеренном увеличении количества отгруженных товаров. Сэкономленные суммы, связанные с выходом на рынок, увеличатся и будут иметь довольно существенный обратный эффект на потоки наличных денег компании X.

Значения для обобщенной шкалы получаются, если просуммировать произведения весов переменных состояния (табл. 6.4) на значения переменных состояния (табл. 6.5). Итак, имеем

$$(0,289) \times (5,74) + (0,554) \times (4,84) + (0,106) \times (3,78) + (0,051) \times (-4,82) = 4,49$$

Это значение на обобщенной шкале (4,49) не является «весом» или «рангом приоритета»; скорее, оно используется просто как глобальная мера или отметка уровня, по отношению к которой будут измеряться степени сходимости между вероятным и желательным будущим, которую можно получить добавлением политик, определенных в обратном процессе.

**Б. ОБРАТНЫЙ ПРОЦЕСС ПЛАНИРОВАНИЯ: ЖЕЛАЕМОЕ БУДУЩЕЕ  
КОМПАНИИ X И ЕЕ ОТНОШЕНИЙ С ТОРГОВЦАМИ**

Обратный процесс — нормативная ветвь МАИ. Это определяющий этап, так как в нем идентифицируются политики, которые

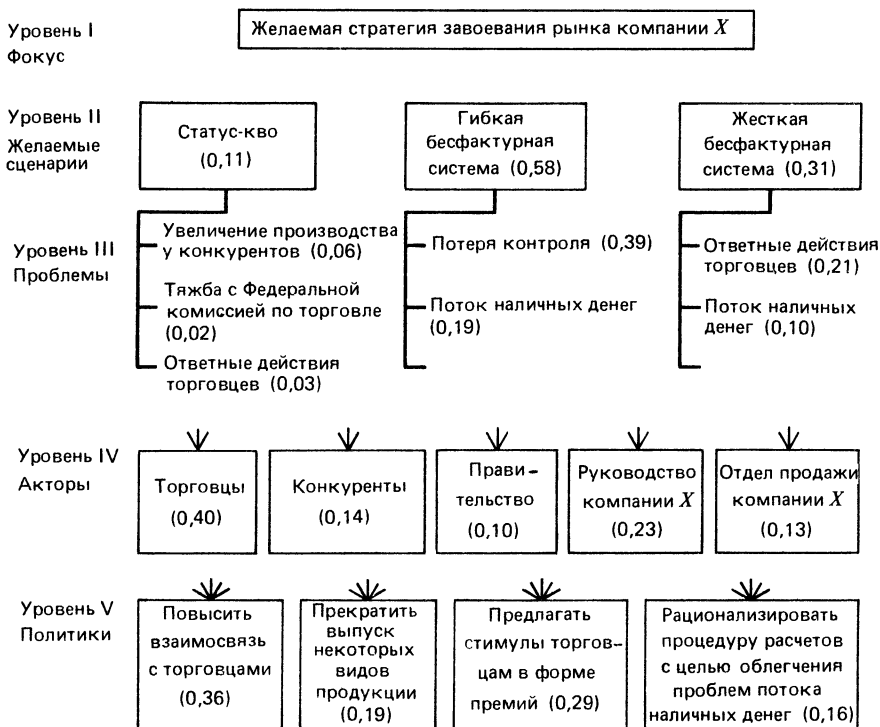


Рис. 6.8. Иерархия обратного процесса

могут привести к сходимости вероятного и желательного будущего компании. Кроме идентификации наилучших политик, к которым следует стремиться, в обратном процессе выявляются различные проблемы, которые могут возникнуть при осуществлении различных программ выхода на рынок. Обратный процесс имеет следующие уровни (рис. 6.8): Уровень I — Фокус желаемого будущего; Уровень II — Желаемые сценарии этого будущего; Уровень III — Проблемы и возможности, возникающие при реализации сценариев; Уровень IV — Актеры, которые контролируют эти проблемы и возможности; Уровень V — Цели (или политики) отдельного актора (в данном случае компании X), стремящегося влиять на других акторов. Получив приоритеты этого процесса, можно выбрать политики с наибольшими приоритетами и присоединить их к политикам акторов во втором прямом процессе, чтобы проверить их эффективность по отношению к логическому будущему. В этом случае определение приоритетов производится из этой точки вниз по иерархии.

При проведении обратного процесса специалисты по планированию определили для компании X гибкую бесфактурную систему

как желательный сценарий, т. е. тот же самый исследовательский сценарий, который представлялся наиболее вероятным будущим при первом прямом процессе. При условии, что вероятное и желаемое будущее методов завоевания рынка совпадают, по мнению специалистов по планированию, имеется большая вероятность, что политики, идентифицированные при обратном процессе, дадут определенную сходимость вероятного и желаемого будущего. Основной заботой специалистов по планированию будет определение того, насколько более сильная сходимость будет получена после добавления этих политик. Для измерения сходимости планировщики должны вернуться к прямому процессу для второй итерации, на этот раз принимая во внимание политики, определенные при обратном процессе.

#### В. ВТОРОЙ ПРЯМОЙ ПРОЦЕСС: ИЗМЕРЕНИЕ СХОДИМОСТИ

Планировщики отобрали три политики с наибольшими относительными весами в обратном процессе и ввели их во вторую итерацию прямого процесса для оценки величины сходимости. Ниже дается краткое описание трех политик с наивысшими приоритетами.

*Повысить взаимодействие с торговцами.* В настоящее время только коммерческое отделение компании *X* непосредственно взаимодействует с торговцами. В результате одна из основных жалоб торговцев — высшие слои управления компании «отдалены» или «находятся в стороне» и поэтому труднодоступны. Торговцы не только расстроены тем, что вынуждены постоянно жаловаться на компанию *X*, у них также отбита охота выдвигать предложения или идеи нововведений, которые могли бы помочь *X* усилить свое положение на рынке. Поэтому *X* изучает вопрос об организации восьми региональных контор, из которых лица высшего управленческого персонала периодически будут «общаться» с торговцами. Так как управленческий персонал обладает большей силой, чем коммерческое отделение *X*, предложения и жалобы торговцев будут сильнее воздействовать на операционные процедуры компании. Региональная служба будет также использоваться для информирования торговцев о новой продукции, специальных предложениях и т. д. Наконец, региональная служба будет координировать местную рекламную компанию и вести дела по кооперативным соглашениям о завоевании рынка с торговцами, тем самым улучшая возможности *X* контролировать такие соглашения, а также облегчая решение проблем потока наличных денег посредством децентрализованных процедур взаиморасчетов.

*Предлагать торговцам стимулы.* Компания *X* полагает, что торговцы будут реагировать на определенные стимулы, отличные от просто облегченных требований к выходу на рынок. Поэтому *X* формирует политику присуждения специальных наград (например,

«Торговец года») и даже призов (например, путешествие на Гавайи) торговцам за выдающиеся успехи в данной кампании завоевания рынка.

*Прекратить производство некоторых продуктов.* В течение прошедших нескольких десятилетий производственные линии компании X постоянно расширялись в ответ на запросы потребителя и новые технологические разработки. Некоторые из товаров компании фактически конкурируют друг с другом. Например, X производит два типа растворителей — жидкости для использования в стиральных машинах и твердого материала для сушильных аппаратов. Кампании по завоеванию рынка для одного из этих растворителей оказывают неблагоприятный эффект на продажу другого. Как следствие, чистый выигрыш компании X равен нулю. Поэтому X рассматривает варианты, связанные с исключением некоторых старых, менее прибыльных линий производства и концентрацией усилий на производстве новых, более конкурентоспособных продуктов.

Иерархия второго прямого процесса приведена на рис. 6.9.

Четвертый уровень теперь включает три политики с высоким приоритетом, веса которых были определены в соответствии с их относительным вкладом в цели компании X на третьем уровне. Отметим, что три новые политики относятся только к целям X и не связаны с целями торговцев и конкурентов. Пятый уровень содержит исследовательские сценарии, которые теперь имеют новые веса, полученные в результате добавления политик на четвертом уровне. На пятом уровне уместен следующий вопрос: какова вероятность осуществления каждого из трех сценариев при более интенсивном взаимодействии с торговцами?

Отметим, что добавление политик повышает вероятность сценария — «Гибкая бесфактурная система» с 0,52 при первом прямом процессе до 0,66 — при втором прямом процессе.

До того как будет установлено, что это единственный сценарий, которого следует придерживаться, такая сходимость может показаться подтверждением эффективности трех новых политик завоевания рынка. Однако *истинную* сходимость нельзя оценить точно, пока не будет построен новый обобщенный сценарий. Необходимо краткое пояснение, почему обобщенный сценарий — лучшая основа для оценки сходимости между вероятным и желательным будущим, которое получается после добавления новых политик выхода на рынок. Сценарий, для которого характерны бесфактурные программы с гибким функционированием, — намного более вероятное (и желаемое) будущее, по мнению специалистов по планированию. Однако это не исключает возможности того, что реализуются полностью или частично другие сценарии, а именно: два оставшихся сценария проявятся в программах завоевания рынка в будущем с вероятностью 34% ( $0,07 + 0,27$ ). Учет этой возможности в обобщенном сценарии позволяет проводить более точную (и,



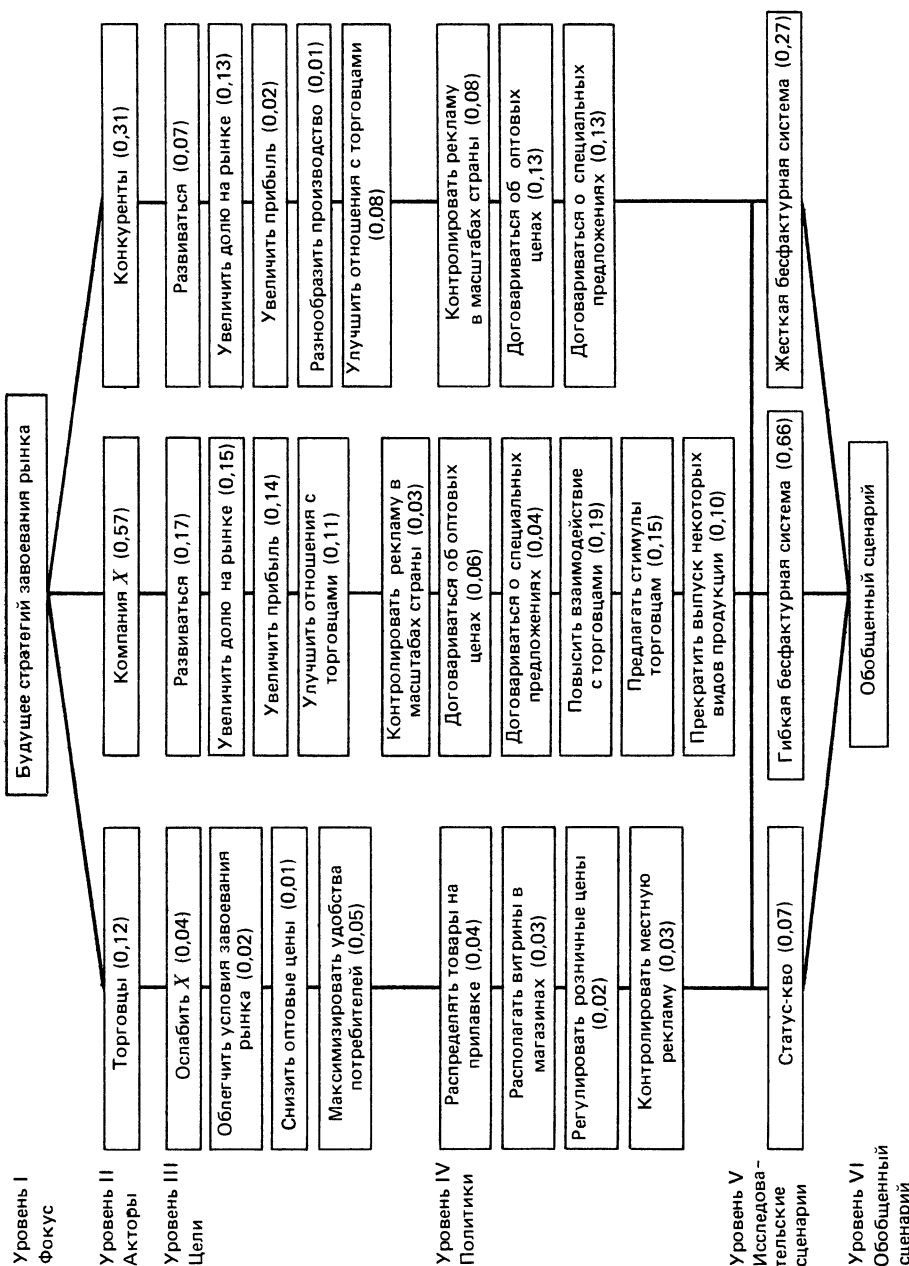


Рис. 6.9. Иерархия второго прямого процесса

возможно, более консервативную) оценку сходимости двух типов будущего.

Измерения в обобщенной шкале для введенных ранее переменных состояния представлены в табл. 6.6. Алгоритм для получения этих измерений тот же, что использовался для построения первого обобщенного сценария (см. табл. 6.5), за исключением того, что веса сценариев над их наименованиями были заменены на новые, чтобы отразить исход второго прямого процесса. Итак, доход от продажи вычисляется следующим образом:

$$(2) \times (0,07) + (7) \times (0,66) + (5) \times (0,27) = 6,11.$$

Таблица 6.6

**Калибровка переменных состояния относительно сценариев  
(второй прямой процесс)**

Переменные состояния	(0,07) Статус- кво	(0,66) Гибкая бесфак- турная система	(0,27) Жесткая бесфак- турная система	Второй прямой процесс	Первый прямой процесс
Доходы	2	7	5	6,11	5,74
Объем выпущенных товаров	2	6	4	5,18	4,84
Сэкономленные суммы	—2	4	5	3,85	3,78
Поток наличных денег	2	—6	—5	—5,17	—4,82
Обобщение				4,78	4,49

Сравнение новых весов сценария с теми, что получены ранее (для первого прямого процесса), показывает ценность формулировки нового обобщенного сценария вместо простого измерения повышения вероятности осуществления желаемого сценария.

Отметим, например, что доходы от продажи и количество выпущенных товаров возрастут незначительно. Будет незначительное уменьшение сэкономленных сумм, связанных с завоеваниями рынка, и наличных денег, которыми обладает X для инвестиций при заданном увеличении вероятности реализации программы бесфактурной системы по всей отрасли. Итак, не все аспекты обобщенного сценария благоприятны, что свидетельствует о компромиссе, который неизбежно должен быть принят во всех проблемах планирования. Поговорка «Если ты съел пирог, то уже его не имеешь» содержит элемент истины для этого примера.

Измерения в обобщенной шкале для оценки сходимости, получаются, как и раньше, если просуммировать произведения весов переменных состояния на оценки переменных состояния. Итак, имеем

$$(0,289) \times (6,11) + (0,554) \times (5,18) + (0,106) \times (3,85) + (0,051) \times (-5,17) = 4,78.$$

Политики, определенные в обратном процессе, улучшают обобщенный исход во втором прямом процессе. Обобщенная

оценка улучшена на 6,5% от 4,49 к 4,78, т. е.  $(4,78 - 4,49) / 4,49 = 0,065$ .

Прежде чем следовать этим политикам, нужно определить, оправдывают ли издержки незначительное увеличение общих доходов. В случае отрицательного ответа специалистам по планированию нужно будет провести второй обратный процесс и пересмотреть свои допущения, сформулировать новые суждения и добавить новые политики, которые будут ориентированы на преодоление слабостей политик, определенных ранее, при первом обратном процессе.

В этом примере планировщики пришли к заключению, что издержки реализации новых политик будут меньше, чем общий доход, который ожидается от их применения. Поэтому специалисты по планированию построили стратегию реализации, которая была представлена и принята советом директоров компании X.

Следующий пример иллюстрирует проблему, которая потребовала повторной итерации прямого и обратного процессов.

#### 6.10. РИСК И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ

Во многих проблемах планирования следует рассматривать различные временные горизонты для покрытия элементов риска и неопределенности. Системное поведение оценивается по различным критериям, применимым к каждому рассматриваемому периоду. Например, временные периоды могут быть 1985—1990 гг., 1990—2000 гг., 2000—2010 гг., а критерии — промышленный бум (высокий, средний, низкий), новые открытия в ядерной энергетике и политическая стабильность на Ближнем Востоке.

Поскольку решение, принятое сейчас, следует факторизовать в будущем с определенным дисконтированием, которое применяется каждым ЛПР, для критериев определяются приоритеты на каждый период времени, и наоборот. Для синтеза весов критериев нужно определить приоритеты временных периодов самих критериев. Приоритеты получаются, если построить суперматрицу с блочными матрицами. Столбцами первого блока (в позиции 1, 2) служат приоритеты критериев для каждого временного горизонта, а второго (в позиции 3) — приоритеты временных периодов каждого критерия.

Приоритеты получаются из каждого столбца, если возвести в предельную степень суперматрицу, которая является стохастической матрицей по столбцам (т. е. сумма элементов каждого ее столбца равна единице). Подробнее об этом см. работу [12] к гл. 3.

Приложения этого подхода были проведены после оценки приоритетов всей иерархии 3 раза, по одному разу для каждого периода времени. Легче всего это можно проделать с помощью трех отдельных записей при каждом парном сравнении и соответствующих вычислений для каждого. Далее полученные из суперматрицы веса для периодов времени используются для синтеза

во времени. Для каждого из критериев будет применяться три приоритета по отношению к трем временным горизонтам. Другими словами, из суперматрицы берутся только приоритеты временных периодов. Таким образом можно исследовать проблемы риска и неопределенности. Попарные сравнения, которые проводятся при этом циклическом процессе, будут следующими:

Какой из критериев более вероятен в заданном периоде времени и насколько более вероятен?

1985—1990	Промышленный бум	Открытие в ядерной энергетике	Стабильность на Ближнем Востоке
Промышленный бум	1		
Открытие в ядерной энергетике		1	
Стабильность на Ближнем Востоке			1
1990—2000	Промышленный бум	Открытие в ядерной энергетике	Стабильность на Ближнем Востоке
Промышленный бум	1		
Открытие в ядерной энергетике		1	
Стабильность на Ближнем Востоке			1
2000—2010	Промышленный бум	Открытие в ядерной энергетике	Стабильность на Ближнем Востоке
Промышленный бум	1		
Открытие в ядерной энергетике		1	
Стабильность на Ближнем Востоке			1

Эта процедура приводит к трем векторам приоритетов, расположив которые по столбцам, можно построить матрицу  $B_{12}$ , которая отражает влияние критериев в разные периоды времени. Аналогично имеем:

В какой период времени наиболее вероятен указанный критерий и насколько более вероятен?

Промышленный бум	1985—1990	1990—2000	2000—2010
1985—1990	1		
1990—2000		1	
2000—2010			1
Открытие в ядерной энергетике	1985—1990	1990—2000	2000—2010
1985—1990	1		
1990—2000		1	
2000—2010			1
Стабильность на Ближнем Востоке	1985—1990	1990—2000	2000—2010
1985—1990	1		
1990—2000		1	
2000—2010			1

Вычисления приводят к трем векторам приоритетов, расположив которые по столбцам, можно построить матрицу  $B_{21}$ , которая отражает воздействия периодов времени на критерии. Суперматрица имеет следующий вид:

$$S = \begin{array}{cc} & \begin{array}{ccc} \text{Критерии} & & \text{Время} \\ (1) & (2) & (3) \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{Критерии} \\ \text{Время} \end{array} & \begin{array}{ccc} (1) & (2) & (3) \\ (1') & (2') & (3') \end{array} \end{array} \begin{pmatrix} 0 & & \\ B_{21} & & \\ & 0 & \end{pmatrix} B_{12}$$

Также представляет интерес непрерывное взаимодействие между этими двумя уровнями, которые можно представить в виде цикла:



Таким образом, вычислив  $\lim_{k \rightarrow \infty} S^k$ , можно получить предельные приоритеты для каждого периода времени. Степени  $S$  отражают воздействие повторных циклов взаимодействия. Известно, что предельная матрица имеет идентичные столбцы, и, следовательно, приоритеты могут быть получены из любого столбца. В оставшейся части процедуры, как уже отмечалось, нужно действовать, имея как бы три иерархии, по одной на каждый период времени, с использованием одних и тех же критериев в них. Каждый период времени имеет приоритет, только что полученный из суперматрицы. Первый — из четвертого элемента суперматрицы, второй — из пятого, и третий — из шестого, так как в суперматрице компоненты вектора приоритетов периодов времени следуют за компонентами вектора приоритетов критериев. Отметим, что число уровней иерархии, которое использовалось в рассмотренном ранее примере из энергетики, могло быть увеличено, если считать периоды времени первым уровнем, критерии — вторым уровнем, а остальные уровни, начиная с акторов, оставить без изменений. В этом случае нужно определить приоритеты важности акторов по отношению к каждому критерию для каждого периода времени.

Синтез в этом примере заключается в дисконтировании трех финальных исходов. При дисконтировании используются веса периодов времени и, таким образом, вычисляется обобщенный вес для каждого сценария до 2010 года.

## 6.11. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ТРАНСПОРТА

Эмбарго на нефть, установленное странами — членами Организации стран-экспортеров нефти (ОПЕК) в 1973—1974 гг., привлекло внимание США к проблеме развития жизнеспособных источников энергии, которые могут заменить иностранную сырую нефть. Были предприняты попытки разработать промышленные образцы синтетических видов топлива, особенно топлива для транспорта.

Утвердив Акт об обеспечении энергией в 1980 г. и создав Корпорацию синтетического горючего, федеральное правительство проявило интерес к кооперации с частным сектором в деле развития синтетического топлива. Однако правительство не довело до логического конца эти инициативы и все еще разрабатывает политику в отношении развития синтетических видов топлива. Фактически недавние действия правительства, включая объявление о расформировании Министерства энергетики, подтверждает мнение, что оно собирается отделить от себя топливную индустрию, предоставляя частному сектору возможность самому развивать инициативу.

К сожалению, технология синтетических видов топлива плохо разработана. Требуются колоссальные капитальные вложения даже для разработки опытных образцов, и нет уверенности, что синтетические виды топлива будут экономически конкурентоспособными на рынке. Следовательно, частный сектор не был готов к такому рискованному предприятию, необходимому для развития жизнеспособной индустрии синтетических видов топлива.

Кроме того, существует значительное противоречие во мнениях относительно воздействия, которое окажет развитие технологии синтетического топлива на окружающую среду и социальные структуры. Большая часть обширных резервов угля и сланца США расположена на относительно малонаселенном Западе. Фактически некоторые из богатейших запасов расположены на территории национальных парков и других защищенных зон. Тем самым создается арена для жарких дебатов в масштабах страны относительно экологической защиты и энергетической независимости. Таким образом, даже при очень зыбком предположении, что массовое производство синтетического топлива экономически доступно, существует масса предписаний и проблем, связанных с защитой окружающей среды. Все это может воспрепятствовать процессу промышленного производства синтетического топлива.

Наконец, политика ОПЕК воздействует на перспективы промышленного производства синтетического топлива. Ей нужны гарантии того, что промышленно развитые страны Запада (особенно США и Западная Европа) будут оставаться в зависимости от ближневосточной нефти. Жизнеспособная промышленность, производящая синтетическое топливо, увеличит конкуренцию, тем самым вынуждая ОПЕК снизить цены на нефть, чтобы выжить на рынке. Однако

ОПЕК может выбрать такую политику цен, которая отобьет всякую охоту инвестировать исследования и разработки в области синтетического топлива. Например, ОПЕК может временно стабилизировать цены на нефть с целью подавить раздающиеся время от времени требования создать жизнеспособные альтернативные источники энергии, а затем постепенно повышать цены, чтобы получить колоссальные прибыли. Таким образом, промышленное производство синтетического топлива может стать чем-то вроде марионетки для ОПЕК.

Из этого обсуждения следует, что будущее промышленного производства синтетического топлива в Соединенных Штатах, и в том числе производство синтетического горючего для транспорта, неопределенно из-за: сигналов о возможных конфликтах, которые получает промышленность от федерального правительства, высокой стоимости развития промышленного производства синтетического топлива, трудностей, связанных с вопросами защиты окружающей среды, и политики цен ОПЕК.

Куда идет и куда следует направить развитие промышленности, если окружение станет более благоприятным? К этой проблеме можно подойти с точки зрения энергетической компании, которая при первом прямом процессе пытается прогнозировать, к какому типу окружения следует адаптироваться промышленному производству синтетического топлива в течение следующих 10 лет. Под «окружением» подразумевается общая политическая, экономическая, технологическая и социальная среда, в рамках которой будет развиваться или, возможно, стагнировать и умирать промышленное производство синтетического топлива.

#### ПЕРВЫЙ ПРЯМОЙ ПРОЦЕСС

На рис. 6.10 приведена иерархия первого прямого процесса. Фокус, или цель,— вероятное окружение, перед которым будет стоять промышленное производство синтетического топлива в США через 10 лет. Отметим, что в этом примере промышленное производство синтетического топлива рассматривается в качестве горючего для транспортных нужд, а не для промышленности, отопления домов и т. д.

Основные акторы, влияющие на перспективы промышленного производства синтетического топлива,— правительство, энергетические компании, потребители и ОПЕК. Каждый из акторов имеет определенные цели и следует определенным политикам реализации этих целей. Наконец, иерархия содержит пять исследовательских сценариев, которые охватывают обобщенный сценарий. Исследовательские сценарии кратко описаны ниже.

*Статус-кво:* этот сценарий характеризуется тем, что правительство постепенно прекращает инвестиции в синтетическое топливо. Этому процессу сопутствует нежелание частного сектора брать

на себя необходимый риск увеличения экономической жизнеспособности промышленного производства синтетического топлива. Сценарий предусматривает, что цены на нефть ОПЕК будут оставаться сравнительно устойчивыми, тем самым сводится на нет привлекательность идеи использования альтернативных источников энергии. Кроме того, будет мало или же совсем не будет изменений в законах, связанных с окружающей средой, которые в настоящем воздвигают барьеры для развития производства синтетического топлива.

*Инициатива правительства:* по этому сценарию предполагается, что федеральное правительство будет действовать в духе приобретения преимущественных прав на разработку синтетического топлива с целью свести к минимуму возможности ОПЕК вновь поставить Запад на колени посредством эмбарго на нефть. Сценарий прогнозирует все большее вовлечение правительства в субсидирование исследований и разработок синтетического топлива. С этим связано то, что правительство вдохнет новую жизнь в Корпорацию синтетического горючего, предоставив ей политический мандат и финансовые ресурсы, необходимые для создания соответствующих планов разработок и развития последовательной политики в масштабах страны по синтетическому топливу. Промышленное производство синтетического топлива будет тщательно контролироваться таким же образом, как для компаний, которые работают сегодня в сфере коммунальных услуг. Наконец, сценарий предполагает, что проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды, будут уменьшены, так как будут разработаны комбинации новых технологий, которые сведут к минимуму неблагоприятные воздействия на окружающую среду и уменьшат влияние групп, заинтересованных в решении экологических проблем.

*Коалиция промышленности с правительством:* этот сценарий аналогичен «Инициативе правительства» в том, что энергетические компании будут контролировать планы разработок и обладать правами на опытные образцы, патенты и т. д. Более того, промышленность не будет строго контролироваться правительством; скорее, будет преобладать система свободного рынка; поэтому схемы спроса и предложения, а не правительственное регулирование будут определять как количество производимого синтетического топлива, так и рыночные цены на него.

*Принудительное смешивание:* некоторые страны, например Бразилия, осуществили политику принудительного смешивания. По этому сценарию от очистительных заводов требуется смешивать обычные виды топлива с предписанным процентным содержанием синтетического; предписанное процентное содержание со временем увеличивается. Эта политика аналогична тому, что правительство принуждает промышленность подчиняться стандартам качества воздуха. Бремя разработки соответствующей технологии ложится,



конечно, только на энергетические и транспортные компании при незначительной поддержке правительств или совсем без нее.

*Разработка аварийных мероприятий:* этот сценарий описывает возможные стратегии поведения при повторении ситуации эмбарго на нефть 1973—1974 годов. Усиление военных и политических трений на Ближнем Востоке, продолжающаяся поддержка США Израиля могут толкнуть ОПЕК на ответные действия. Соединенные Штаты будут противодействовать неблагоприятной ситуации по программе аварийных исследований и разработок. Будет преобладать «кризисная атмосфера», и поэтому исследования и разработки не будут систематически планироваться или контролироваться. Большинство вопросов, связанных с социальными проблемами и охраной окружающей среды, будет игнорироваться, так как страна будет предпринимать заранее согласованную попытку установить энергетическую независимость. Кроме того, правительство, взывая к патриотизму, будет поощрять (или принуждать) энергетические компании проводить исследования и разработки, временно отбросив мотивы, связанные с прибылью как движущей силой их деятельности.

В табл. 6.7 приведены приоритеты переменных состояния. Отметим, что переменные состояния и связанные с ними приоритеты отражают интересы энергетической компании, так как задача реша-

Таблица 6.7

#### Приоритеты переменных состояния

Переменные состояния	Приоритет
Контроль	0,32
Побудительные мотивы правительства	0,16
Свободный рынок	0,28
Фонды на исследования	0,15
Поддержка граждан	0,09

Таблица 6.8

#### Калибровка переменных состояния

	Статус-кво (0,35)	Инициатива правительства (0,15)	Коалиция (0,23)	Принудительное смешивание (0,07)	Разработка аварийных мероприятий (0,20)	Первый прямой процесс
Контроль	0	—5	+4	—7	—7	—1,72
Побудительные мотивы правительства	—3	+2	+5	+2	+5	1,54
Свободный рынок	0	—7	+3	—2	—4	—1,30
Фонды на исследования	—3	+5	+4	0	+6	1,82
Поддержка граждан	0	+2	—2	+1	+5	0,91
Обобщенное измерение						—0,31

ется с ее точки зрения. В табл. 6.8 приведены измерения переменных состояния по отношению к исследовательским сценариям. В результате первого прямого процесса получено обобщенное измерение, равное  $-0,31$ .

### ПЕРВЫЙ ОБРАТНЫЙ ПРОЦЕСС

Иерархия первого обратного процесса приведена на рис. 6.11. Отметим, что в то время как «статус-кво» — наиболее вероятный сценарий, «коалиция промышленности с государством» — желаемый сценарий с точки зрения энергетических компаний. Пятый уровень этой иерархии содержит политики энергетических компаний. Кратко опишем эти политики.

*Промышленный консорциум:* консорциум будет работать как общепромышленный совещательный орган. Он будет формировать для федерального правительства единое мнение по вопросам, имеющим отношение к исследованиям и разработкам синтетического

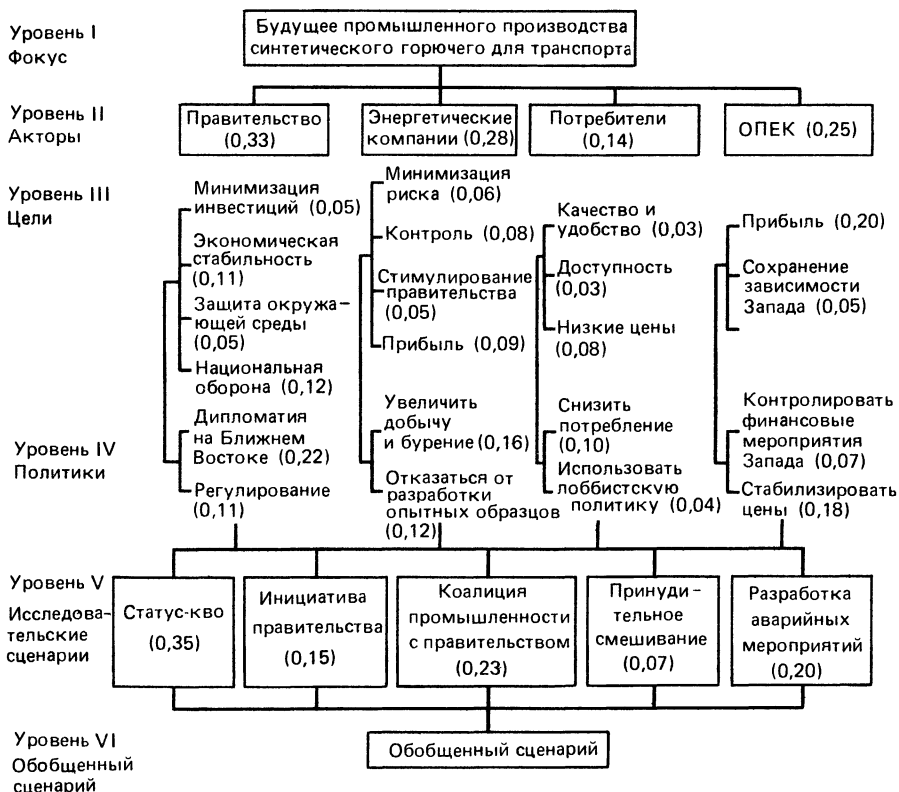


Рис. 6.10. Иерархия первого прямого планирования

топлива. Консорциум будет строго добровольной организацией без формального руководства по реализации политики и поэтому не будет оспаривать законы, имеющие отношение к ограничению торговли. Консорциум будет служить неформальным форумом промышленно-государственного планирования. Есть надежда, что такой форум рационализирует характер связей между правительством и промышленностью.

*Лабораторные исследования и разработки:* полевые испытания даже локального масштаба, например газификация угля, продемонстрировали их очень высокую стоимость и, таким образом, дают мало надежды на быструю или долговременную отдачу. Некоторые представители промышленности считают, что исследователям, разрабатывающим синтетическое топливо, следует вернуться к интенсивным лабораторным исследованиям, которые дешевле проектов полевых испытаний. Только после того как такие исследования дадут многообещающие результаты, промышленности следует обратиться к федеральному правительству за прямой финансовой поддержкой или за косвенными побудительными средствами, чтобы создать опытные образцы.

*Кампания по изучению и направлению общественного мнения:* есть подозрение, что сравнительно устойчивые цены на нефть вместе с разочаровывающими результатами создания опытных образцов породили широко распространившиеся благодушие и апатию к исследованиям по синтетическому топливу. Общенациональная кампания с помощью средств массовой информации могла бы подчеркнуть растущую зависимость Америки от иностранной нефти, выявить политически нестабильную ситуацию на Ближнем Востоке и способствовать применению долгосрочного планирования во избежание повторения эмбарго 1973—1974 годов. В общем, такие кампании были бы попыткой подтолкнуть общественное мнение к идее проведения исследований в области синтетического топлива.

*Замечание:* следует отметить, что попарные сравнения сценариев по отношению к желаемому будущему (как было показано на рис. 6.11) основаны на внутренних предположениях о сценариях, безотносительно к значениям переменных состояния. Неточность в суждениях может быть результатом отсутствия более детальной интерпретации переменных состояния, величины которых определяют каждый сценарий.

Если применить приоритеты переменных состояния, представленные в табл. 6.7, и их калибровку (см. табл. 6.8), то обобщение каждого сценария табл. 6.7 может быть получено путем перемножения величин переменных состояния на их приоритеты. Например, для сценария «статус-кво» имеем

$$(0) \times (0,32) + (-3) \times (0,16) + (0) \times (0,28) + (-3) \times (0,15) + (0) \times (0,09) = -0,93.$$

После проведения аналогичных вычислений для остальных четы-

рех сценариев получим соответственно: —2,31; 3,34; —2,39 и —1,21.

Здесь сценарий «коалиция» — единственный с положительным значением (3,34) — наиболее желаемый будущий исход, а «принудительное смешивание» — наименее желательный. Желаемые приоритеты исследовательских сценариев иерархии обратного планирования на рис. 6.11 можно установить, полагаясь частично на величины отдельных обобщенных суждений.

## ВТОРОЙ ПРЯМОЙ ПРОЦЕСС

В качестве политик энергетических компаний в иерархию второго прямого процесса были введены две политики, которые имели высокий приоритет при первом обратном процессе: «промышленный консорциум» и «лабораторные исследования». Процесс выявления приоритетов проводится вниз от уровня политик.

Как видно из табл. 6.9, вероятность того, что реализуется «коалиция промышленности с правительством» (желаемый сценарий), повысилась с 0,23 до 0,29. «Истинная» сходимость, которая определяется посредством обобщенного измерения, улучшилась почти на 100%, от —0,31 до —0,003 (табл. 6.10). Напомним, что направление движения к нулю в этом случае положительное.

Таблица 6.9

**Второй прямой процесс:  
относительная вероятность  
исследовательских сценариев**

Сценарии	Относительная вероятность
Статус-кво	0,32
Инициатива правительства	0,13
Коалиция	0,29
Принудительное смешивание	0,05
Разработка аварийных мероприятий	0,21

Таблица 6.10

**Калибровка переменных состояний для  
первого и второго прямых процессов**

Переменные состояния	Первый процесс	Второй процесс
Контроль	—1,72	—1,31
Побудительные мотивы правительства	1,54	1,90
Свободный рынок	—1,30	—0,98
Фонды на исследования	1,82	2,11
Поддержка граждан	0,91	0,78
Обобщенное измерение	—0,31	—0,003

## ВТОРОЙ ОБРАТНЫЙ ПРОЦЕСС

Хотя и получена существенная сходимость, будущие перспективы промышленного производства синтетического топлива недостаточно ясны. Поэтому было решено провести еще одну итерацию процесса. Для второго обратного процесса специалисты по планированию решили добавить политику, которая будет иметь быстрое воздей-

ствие на формирование будущего промышленного производства синтетического топлива. Реализация политик «промышленный консорциум» и «лабораторные исследования» потребует определенного времени для появления значимых результатов; специалисты по планированию надеялись, что эффективность этих двух политик можно увеличить, если дополнить их некоторыми политиками, которые окажут положительное воздействие и в краткосрочной, и в долгосрочной перспективе. Была построена иерархия второго обратного процесса, которая идентична иерархии на рис. 6.11 (первый обратный процесс) с одним исключением — добавлена новая политика «газохол», а веса трех предыдущих политик пересмотрены с тем, чтобы отразить новую альтернативу. Ниже следует краткое пояснение новой политики.

*Газохол*: спирт может производиться из пищевых продуктов посредством ферментации. Смесь спирта с бензином дает топливо (газохол), пригодное для использования в обычных двигателях. В настоящее время обычные двигатели эффективно работают на топливе, в котором отношение газа и спирта не более 9:1; при больших соотношениях обычные двигатели следует модифицировать. Кроме того, для получения сравнительно малого количества спирта требуется много зерна. Несмотря на эти недостатки, технология производства газохолла в настоящее время применяется в штатах Среднего Запада и удовлетворяет потребителей. Имеется также сравнительно немного технологических, социальных и экологических препятствий, связанных с увеличением его использования. Несмотря на то что долгосрочные перспективы газохолла могут показаться не слишком многообещающими по сравнению с видами синтетического топлива, получаемыми из сланца, угля и других натуральных ресурсов, он обладает значительным краткосрочным потенциалом. Более того, если энергетические компании смогут увеличить краткосрочный спрос на газохол, снижая цены с помощью рекламной компании и т. д., они смогут рассчитывать на долгосрочные исследования и разработку других технологий производства синтетического топлива.

### ТРЕТИЙ ПРЯМОЙ ПРОЦЕСС

В иерархию третьего прямого процесса были включены все четыре политики из второго обратного процесса в качестве политик энергетических компаний. Как видно из табл. 6.11, с добавлением краткосрочных и долгосрочных политик вероятность осуществления «коалиции промышленности с правительством» (желаемый сценарий) вновь возросла с 0,29 для второго прямого процесса до 0,34 для третьего прямого процесса.

В табл. 6.12 приведены обобщенные измерения первой, второй и третьей прямых иерархий. Отметим, что сходимость между вероятным и желаемым будущим улучшилась между первой и третьей

Таблица 6.11

**Третий прямой процесс:  
относительная вероятность  
исследовательских сценариев**

Сценарии	Относительная вероятность
Статус-кво	0,31
Инициатива правительства	0,13
Коалиция	0,34
Принудительное смешивание	0,01
Разработка аварийных мероприятий	0,21

Таблица 6.12

**Калибровка переменных состояния  
для первого, второго и третьего  
прямых процессов**

Переменные состояния	Первый процесс	Второй процесс	Третий процесс
Контроль	—1,72	—1,31	—0,83
Побудительные мотивы правительства	1,54	1,90	2,10
Свободный рынок	—1,30	—0,98	—0,75
Фонды на исследование	1,82	2,11	2,34
Поддержка граждан	0,91	0,78	0,64
Обобщенные изменения	—0,31	—0,003	0,269

итерациями довольно значительно (186%). Основываясь на этой сходимости, планировщики рекомендовали компании следовать всем четырем политикам с интенсивностью, соответствующей приоритетам. Приведем описание сценария, который получается в результате применения этих четырех политик.

Представляется неизбежным, что энергетические компании в некоторой мере потеряют контроль над промышленным производством синтетического топлива, пытаясь способствовать коалиции промышленности с правительством. В то же время ожидаемое вмешательство правительства в промышленное производство синтетического топлива не позволит сбалансировать спрос и предложения свободного рынка. Положительным, однако, будет увеличение побудительных мотивов правительства включиться в исследование по синтетическому топливу. Незначительно возрастут наличные фонды на эти исследования, а также поддержка их общественностью.

## 6.12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы показали, как с помощью последовательных итераций прямого и обратного процессов реализуется интуитивное понимание планирования. Цель — решить, что с наибольшей вероятностью может случиться, что желательно, что нужно контролировать или реализовывать и насколько эффективно этот контроль направляет вероятное будущее к желаемому. Такой подход не только способствует нашему пониманию, но и обеспечивает возможность логического выбора альтернативных решений в динамике. Эти решения должны предшествовать действиям. Прежде чем действовать, изменять мир, в котором мы живем, в надежде, что изменения

произойдут в лучшую сторону, нужно разработать средства проверки правильности этого подхода.

Сложность окружающего мира растет с такой скоростью, что всегда будет возникать побуждение планировать и перепланировать, чтобы не отстать от изменений. Так как любой план предполагает внесение изменений, его нужно вскоре перепроверить для оценки их воздействия. Есть несколько причин, по которым ни один план не может учесть все аспекты изменений, как бы динамичен он ни был. Одна из причин заключается в том, что люди всегда планируют лишь для части окружающего их мира и происшествий где-нибудь в другом месте могут застигнуть врасплох проектируемую систему, следовательно, план периодически должен пересматриваться. Другой причиной является то, что не все виды воздействий могут быть предусмотрены, особенно имеющие синэргический характер и вызывающие совершенно новые реалии, которые заранее не могут быть полностью охарактеризованы. Все это относится как к конкретным физическим конструкциям, так и к отношениям между людьми или идеями. Тесная связь некоторых идей может привести к появлению новой идеи, которая радикально отличается от составляющих ее частей. Поэтому план нужно пересмыслить так, чтобы принять во внимание новые события и их воздействия.

Пересмотр плана может заключаться в добавлении или удалении факторов, или, что более предпочтительно, план может быть реконструирован с самого начала, чтобы охватить те тонкие различия, которые проявились и к которым нельзя было легко приспособиться при старой структуре.

Мы считаем, что в процессе реализации обобщенного сценария следует периодически пересматривать план хотя бы один раз в три—пять лет; три года — достаточное время для проявления эффектов от предпринимаемых действий; пять лет — чтобы система не стала слишком сопротивляться изменениям. Идеи в плане должны постоянно обсуждаться и изменяться практически ежедневно. Однако структура и рекомендации стратегического плана, которые приняты однажды, не нужно ежедневно подвергать сомнению.

Системный подход требует, чтобы план рассматривался как ограниченное целое, а не фрагментарно. Таким образом, основные проверки должны охватывать весь план, а не просто устанавливать связь между некоторыми частями, опуская другие. Это неизбежно влечет за собой то, что не только компоненты плана, но и взаимодействия между ними нужно исследовать и синтезировать так, чтобы продумать приложения в каждой сфере с учетом их воздействия на организацию по отношению к ее структуре и функциям. Планирование более эффективно, когда оно принимается как интегрированное целое.

## Глава 7

# АНАЛИЗ «СТОИМОСТЬ — ЭФФЕКТИВНОСТЬ» И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ

### 7.1. ВВЕДЕНИЕ

В этой главе приводится характерное приложение метода анализа иерархий к оценке проектов и распределению ресурсов. Анализ по методу «стоимость — эффективность» позволяет выработать основные принципы распределения ресурсов, в то время как МАИ используется для структурирования проблемы распределения и измерения факторов, важных для решения.

Чтобы измерить относительную важность компонент, выгод и затрат, нужно проанализировать общественное мнение, применить экспертные суждения и сравнить с результатом аналогичных проектов.

Вообще, ресурсы — это средства, которые находятся в распоряжении людей для осуществления изменений в состоянии системы или для направления ее к желаемому состоянию. Нужно использовать интеллектуальные ресурсы (нефть, газ и т. д.), чтобы управлять машинами; другие виды ресурсов (мука, сахар и т. д.) в сочетании с интеллектуальными ресурсами, чтобы испечь пирог. В планировании ресурсы часто имеют форму денег, почти всегда конечны или даже недостаточны, т. е. их не бывает в неограниченном количестве, и поэтому с их помощью невозможно достигнуть всех целей. В результате на различные проекты или предложения ресурсы обычно распределяются в соответствии с осознаваемой ценностью альтернатив. Фактически существует три различных типа задач распределения ресурсов: 1) выбор одного проекта, осуществляемого с использованием всех имеющихся ресурсов; 2) выбор комбинации проектов, на которые должны быть распределены имеющиеся ресурсы в равных или неравных долях; 3) распределение ресурсов по имеющимся проектам в соответствии с их остаточным (маргинальным) потенциалом.

В применении МАИ для структурирования проблем «стоимость — эффективность» отметим два направления развития традиционных методов: а) выражение в цифрах неосознаваемых, неэкономических факторов, которые до сих пор не использовались эффективно в принятии решений; б) получение явно выраженных и обоснованных компромиссов между несколькими критериями выбора, включая многие цели и виды деятельности на выходе. Чтобы реализовать эти направления развития, во-первых, строятся дополняющие друг друга иерархии затрат и выгод. Отношения выгод к затратам, которые называются «отношениями предпочтения», вычисляются и проецируются на будущее с целью определения проектов, которые могут быть полезными при реализации в будущем.



Таким образом, при анализе может быть получен явно выраженный временной диапазон, что позволяет производить различные коррекции в будущем.

Там, где неосозаемые факторы существенны для описания проблемы, отсутствие обычной «валюты» для эффективных сравнений и компромиссов вынуждает аналитика искать решения, которые основаны на комбинациях различных вариантов. Проблемы этого типа, традиционно связанные с размещением фиксированных ресурсов [2], более важны для решения вопросов распределения ресурсов, чем это признавалось. Традиционный анализ следовал Марглину, который считал целью анализа «стоимость — эффективность» и вообще экономического выбора максимизацию полезности при любых ограничениях экономического и политического окружения. Метод анализа иерархий предлагает процедуру, которая полностью объединяет экономическую и политическую среду в цели или критерии оценки схемы распределения.

Далее также будут исследованы комбинаторные формулировки определения видов ресурсов на входе посредством идентификации нескольких типов проблем, в которых наборы разнородных входов нужно оптимально определить по отношению к множествам косвенно соизмеримых видов деятельности или выходов. Традиционно это приводит к задачам о «рюкзаке» или «двойном рюкзаке». Эти задачи решаются путем практически полного перебора, и хотя алгоритмов для их решения мы не предлагаем, применимость МАИ в качестве моделирующей основы будет показана.

## **7.2. АНАЛИЗ «СТОИМОСТЬ — ЭФФЕКТИВНОСТЬ»: ТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД И ПОДХОД, ОСНОВАННЫЙ НА МАИ**

Как определяют специалисты по планированию качество плана? Они могут, например, попытаться оценить доходы от альтернативных планов и выбрать тот план, следуя которому, получается максимальный доход. Однако чем больше ресурсов (т. е. денег) будет потрачено, тем больше могут быть доходы, но, как отмечалось ранее, ресурсы обычно бывают ограничены. Поэтому единственный критерий величины доходов — не очень подходящая основа для сравнения. Напротив, специалисты по планированию могут подойти к решению проблемы с другой стороны, оценивая план, который требует минимальных инвестиций. Это также не очень обоснованный способ сравнения проектов, так как, минимизируя издержки, можно придти к подходу «ничего неделания» или, что более реально, производить незначительные действия, которые не способствуют существенному продвижению к намеченной цели.

Представляется более осмысленным подход, основанный на рассмотрении доходов и издержек одновременно. Он известен как анализ «стоимость — эффективность» и основан на стремлении сравнить объемы доходов в расчете на единицу ресурса (т. е. денег),

которая будет потрачена по каждому из альтернативных планов.

Анализ «стоимость — эффективность» имеет давнюю историю. Впервые он применялся в широких масштабах федеральным правительством при оценке различных проектов по водным ресурсам (плотины, контроль паводков и т. д.) в конце 30-х годов. Были разработаны сложные методы анализа (например, проекция будущих издержек и доходов на ценности в настоящем). Иногда компоненты этого метода меняются в зависимости от того, в проблемах каких секторов — общественного или частного — он применяется. В основном метод требует оценки общих издержек и общих доходов для каждой из нескольких альтернатив. Затем вычисляется отношение общих доходов к общим издержкам для определения дохода на единицу затрат. Далее выбирается альтернатива с наибольшим отношением доходов к издержкам, конечно, в предположении, что общие издержки находятся в приемлемых пределах, определяемых специалистами по планированию исходя из ограниченности ресурсов.

В табл. 7.1 представлены оценки издержек и доходов, связанные с проектами построения автострады. В проекте А предлагаются намного большие доходы, чем в остальных, однако он довольно-таки дорог. Проект В — наименее дорогостоящий, однако понятно, что после его реализации будут получены наименьшие доходы. Отношение доходов к издержкам в проекте Г самые большие, и, по-видимому, его выберут в этом случае, хотя следует провести еще одно более глубокое сравнение с проектом Б, так как отношения доходов к издержкам этих двух проектов приблизительно одинаковы.

Таблица 7.1.

**Анализ «стоимость — эффективность»**

Проект	Издержки (в миллионах долларов)	Доходы	Отношение доходов к издержкам	Ранжирование
А	300	600	2,0	3
Б	150	350	2,33	2
В	100	175	1,75	4
Г	200	500	2,50	1

Из предыдущего обсуждения читателю должно быть понятно, что при анализе «стоимость — эффективность» возникает много проблем, связанных с измерением. Отношение доходов к издержкам, по существу, не является четкой объективной мерой качества, как может показаться. Например, неясно, как оценивать в деньгах выгоды и издержки неосязаемых ценностей? Это субъективные и ценностные суждения, находящиеся вне рамок объективности, которые описывают отношение доходов к издержкам. Даже когда все факторы можно сравнить в терминах идентичных единиц измерения, существует фактор *риска* при прогнозировании определенных

результатов (например, проект Г дает 500 единиц доходов), который не учитывается адекватно при проведении анализа «стоимость — эффективность» так, как он традиционно используется на практике. Более того, техника еще более усложняется из-за необходимости учитывать как прямые (первичные), так и косвенные (вторичные) издержки и выгоды. Наконец, из теории систем известно, что доходы и издержки можно распределить по многим областям — социальным, экономическим, политическим, управленческим — и что взаимозависимость этих категорий следует учитывать при оценке альтернатив.

В МАИ подчеркивается необходимость иерархически структурировать проблемы анализа «стоимость — эффективность» и сравнивать альтернативы и соответствующие им признаки попарно в терминах интенсивности их вклада в осуществление целей. Издержки, связанные с альтернативами, также следует описать как иерархии или сети, чтобы охватить их динамическое воздействие и относительные воздействия на проблему. Более того, МАИ допускает, что двум или более альтернативам вместе может соответствовать большее отношение выгод к издержкам, чем одной альтернативе.

В подобных проблемах при применении МАИ требуется построить две иерархии: одну для издержек, другую для выгод с одними и теми же альтернативами на нижнем уровне. Таким образом можно получить два вектора приоритетов — доходов и издержек. Затем на основе этих векторов, полученных на первом этапе, вычисляются отношения доходов к издержкам для каждой альтернативы. Данный способ отличается от произвольных превращений в «единицы» доходов и издержек, которые используются при традиционном подходе. Используя таким образом полученные величины приоритетов доходов и издержек, можно произвести маргинальный анализ.

Рассмотрим пример с предпринимателем, который решил открыть производство в другой стране с целью получения доступа к зарубежным рынкам и снижения издержек производства за счет более низкой оплаты труда за рубежом. Потенциальные издержки такого решения включают такие факторы, как некоторая потеря контроля за управлением, преобладание неквалифицированной рабочей силы, риск изменения политических и экономических условий в этой стране. Предположим далее, что предприниматель провел некоторый предварительный анализ и сузил выбор до четырех стран: Великобритания, Египта, Югославии и Италии.

Иерархии выгод и издержек приведены на рис. 7.1 и 7.2 соответственно. Мы не приводим соответствующие матрицы, так как читатель уже знаком с техникой попарных сравнений и вычислением локальных и глобальных приоритетов. Отметим, что факторы, включенные в иерархии, не исчерпывают всей проблемы; они просто наводят на мысль о способе рассмотрения. Критерии для выгод и для издержек необязательно должны быть противоположными друг другу, но они должны различаться.

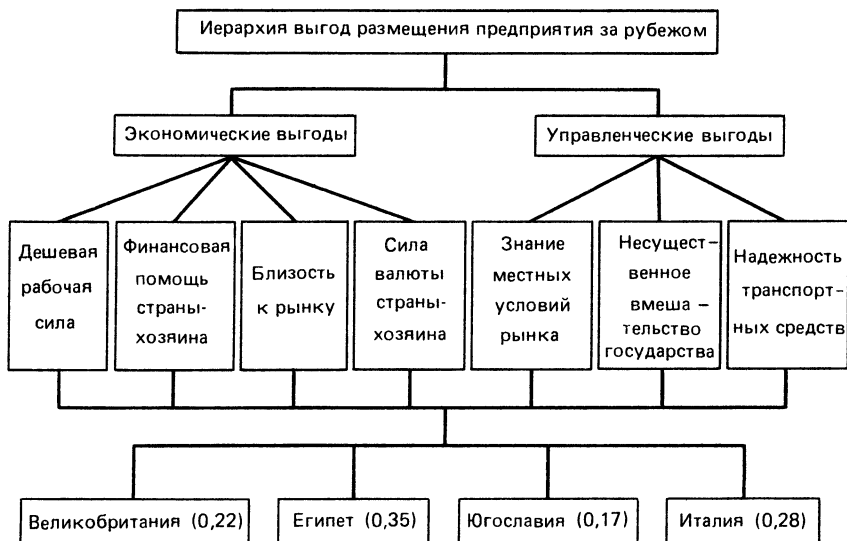


Рис. 7.1. Иерархия выгод размещения предприятия за рубежом

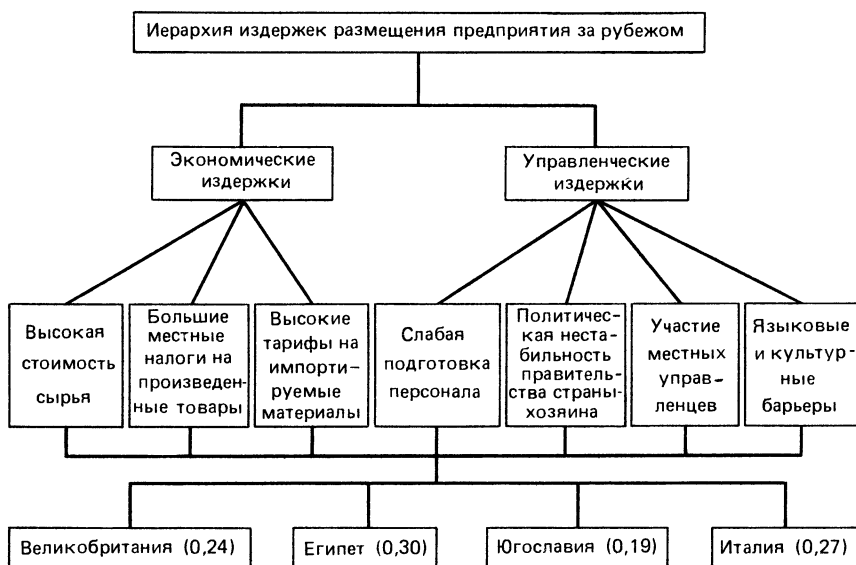


Рис. 7.2. Иерархия издержек размещения предприятия за рубежом

Итак, приоритеты выгод и издержек для четырех стран следующие:

	Великобритания	Египет	Югославия	Италия
Выгоды	0,22	0,33	0,17	0,28
Издержки	0,24	0,30	0,19	0,27

Вычисление отношения выгод к издержкам дает следующие результаты, которые склоняют предпринимателя разместить новое предприятие в Египте или, что несколько менее предпочтительно,— в Италии.

Великобритания	Египет	Югославия	Италия
$0,22/0,24=0,92$	$0,33/0,30=1,1$	$0,12/0,19=0,89$	$0,28/0,27=1,03$

При проведении попарных сравнений в иерархии издержек нужно помнить, что высокое место при ранжировании альтернативы отражает большие «издержки», связанные с ней. В этом примере можно поставить вопрос следующим образом: в какой из двух сравниваемых стран в общем ниже уровень квалификации рабочих и насколько? Об этом упоминается потому, что в иерархиях, которые до сих пор обсуждались, более высокий ранг альтернативы означал более высокий уровень желательности сравниваемых с ней элементов. В иерархии издержек ранжирование отражает прямо противоположное свойство.

При подходе к анализу «стоимость — эффективность» с помощью МАИ не пытаются привязать стандартные единицы измерения (например, деньги) к издержкам или выгодам, которые нельзя выражать таким образом. Более того, МАИ — удобный и концептуально полезный подход к выражению как прямых, так и косвенных факторов посредством иерархического описания проблемы доходов и издержек и одновременного объяснения отношений между многими элементами. Важно также помнить, что иерархии строятся одновременно с выработкой суждений участниками в процессе планирования.

#### ДРУГОЙ ПРИМЕР: РЕШЕНИЕ О СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТА

Правительственное агентство, в сферу полномочий которого входит строительство мостов и туннелей в определенном регионе, должно решить, построить или не построить туннель или мост через реку, на которой в настоящее время работает частный паром. Факторы, которые влияют на выгоды и издержки, связанные с переправой через реку, представлены на рис. 7.3 и 7.4. Эти факторы делятся на три категории: экономические, общественные и

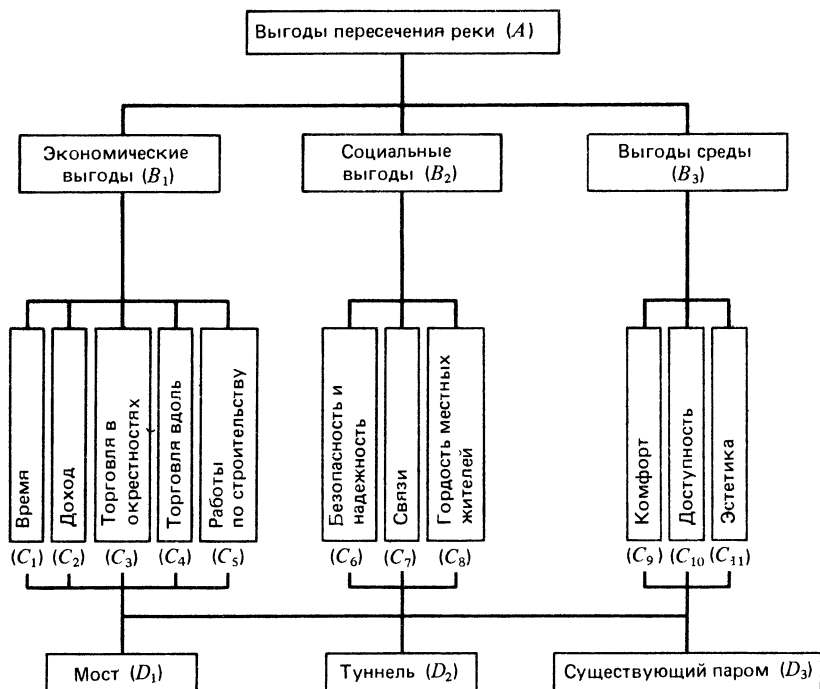


Рис. 7.3. Иерархия выгод рассматриваемого примера

среды. Решение будет принято после сравнения выгод и издержек.

**Выгоды.** Экономические факторы, влияющие на выбор, содержат выгоды, связанные с выигрышем во времени при передвижении по новому мосту или туннелю, по сравнению с временем переправы на пароме. Увеличение транспортного потока в районе могло бы принести доход от эксплуатации дорог, что, в свою очередь, повышает общий доход местных властей. Более интенсивное движение транспорта будет способствовать также торговле как в самом районе, так и в его окрестностях (бензоколонки, рестораны). Другая экономическая выгода состоит в появлении строительных работ. Если экономические факторы — единственное, что нужно принимать во внимание, то большинство из них можно выразить количественно. Соответствующие издержки также можно выразить количественно. Следовательно, в этой ситуации можно получить немедленно отношение выгод к издержкам и использовать для принятия решения. Однако нужно учесть социальные факторы и факторы среды, которые не выражаются непосредственно в деньгах.

Социальные выгоды проекта — это те выгоды, которые общество в целом получит от наличия моста или туннеля. Например, мост или туннель может обеспечить большую безопасность и надеж-

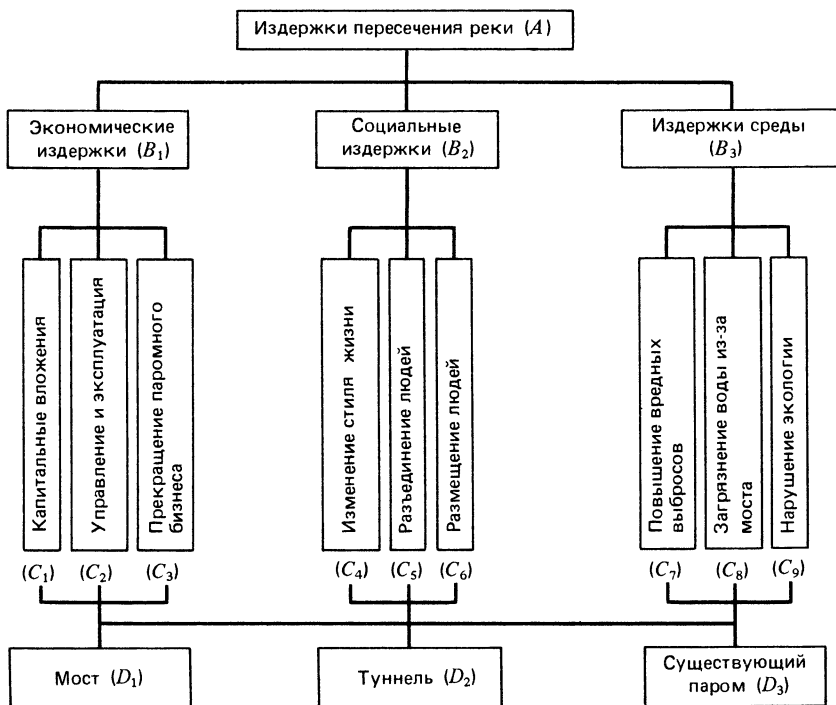


Рис. 7.4. Иерархия издержек рассматриваемого примера

ность переправы, чем паром, а также способствовать большему количеству пересечений реки для посещения родственников, друзей, музеев и т. д. Наконец, строительство моста может пробудить гордость в жителях, которой не было при эксплуатации парома.

Факторы среды рассматриваются с учетом их вклада в благополучие индивидов, которое отличается от общественного благополучия тем, что общество часто рассматривает блага как абстракцию, не представляющую интересы любого конкретного лица. В нашем примере факторы среды, представляющие интерес для индивидуума, — комфорт от пользования мостом, туннелем или паромом; доступность пользования по сравнению с другими; эстетические чувства, влияющие на выбор способа пересечения реки.

**Издержки.** Как и выгоды, издержки, связанные с переправой через реку, включают факторы экономического и социального плана, а также факторы среды. На рис. 7.4 приведены три вида экономических издержек, которые существенны для этой проблемы: основные издержки альтернатив, эксплуатационные расходы, связанные с тремя проектами, и экономическое последствие ликвидации паромного бизнеса.

Социальные издержки вновь представляют собой издержки об-

щества в общем смысле. Может оказаться важной степень, до которой стиль жизни будет разрушен при выборе любой из альтернатив переправы через реку. Перегруженность транспорта будет различной для разных способов переправы через реку и поэтому считается существенной издержкой. Третий тип социальных издержек — степень воздействия на общество каждодневных перемещений людей, которая соответствует выбранной альтернативе. Издержки, связанные со средой, отличаются от выгод тем, что производят возможный вред, причиняемый экосистеме каждой отдельной альтернативой. Например, способы переправы через реку могут отличаться по количеству выделяемых в атмосферу выхлопных газов. К тому же, загрязнение воды и общее нарушение экологии вносят свой вклад в общие издержки, связанные с окружающей средой.

**Результаты.** При вычислении выгод и издержек экономические факторы перевесили другие факторы. Выгоды, связанные с торговлей у моста, дополнительная безопасность и надежность, возможность быстрой переправы через реку получили высокие приоритеты. Что касается издержек, то необходимый исходный капитал, миграция людей и выбросы выхлопных газов в атмосферу получили высокие приоритеты.

Обобщенные выгоды и издержки получились следующими:

	Мост	Туннель	Паром
Выгоды ( $b_i$ )	0,57	0,36	0,07
Издержки ( $c_i$ )	0,36	0,58	0,05

Ранее отмечалось, что один из критериев, который применяется в анализе «стоимость — эффективность», заключается в выборе проекта с наибольшим отношением выгод к издержкам ( $b_i/c_i$ ). В этом примере получаем:

Мост	Туннель	Паром
$b_1/c_1 = 1,58$	$b_2/c_2 = 0,62$	$b_3/c_3 = 1,28$

Из этих отношений следует, что предпочтение отдается строительству моста через реку. Отметим, что здесь принимались во внимание основные требования.

Распространенной ошибкой, которая часто допускается при применении анализа «стоимость — эффективность», является ранжирование альтернатив только по отношению выгод к издержкам. Чтобы определить наилучшую из всех трех альтернатив, необходимо сравнить альтернативы друг с другом. Таким образом, соответствующее правило решения будет таким: *Наилучшая альтернатива — это альтернатива с наивысшим общим приоритетом*



*издержек, если для всех других альтернатив дополнительные издержки, связанные с переходом к каждой из них, не будут компенсированы выгодами от этого перехода.*

Обоснование этого правила состоит в том, что при сравнении двух или более альтернатив не важны абсолютные значения соответствующих выгод и издержек. Представляются более важными их относительные значения, т. е. сравниваются приращения выгод с приращениями издержек. Таким образом, в общем случае сдвиг из существующего состояния А к состоянию В, которое представляется «лучшим», правомочен только тогда, когда дополнительные издержки, связанные с продвижением из состояния А к состоянию В, подтверждаются выгодами от этого сдвига.

Для описанного выше примера издержки упорядочиваются  $0,05 < 0,36 < 0,58$  и последовательно формируются положительные разности между выгодами и издержками. При этом получаются отношения  $0,07/0,05$  и  $0,50/0,31$ . Маргинальный анализ также отдает предпочтение строительству моста.

### 7.3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ <sup>1</sup>

Мы уже обсудили способы получения приоритетов и отношений выгод к издержкам из иерархий выгод и издержек. Теперь можно заняться более сложными проблемами распределения ресурсов. В частности, интерес представляют задачи комбинаторной оптимизации, самая простая из которых заключается в определении комбинации проектов, максимизирующей «общие выгоды» при ограничениях на издержки. В этом разделе исследуются конкретные вопросы теории и практики распределения ресурсов. Поэтому здесь будут полезными некоторые знания линейного программирования (см. [1]).

В последующем обсуждении используются следующие обозначения:  $N$  — число ресурсов или входов, которые распределяются по проектам или видам деятельности;  $M$  — число рассматриваемых альтернативных проектов или видов деятельности;  $b_j$  — обобщенный приоритет  $j$ -го проекта в иерархии ожидаемых выгод;  $c_j$  — обобщенный вес  $j$ -го проекта в иерархии ожидаемых издержек.

При этом

$$\sum_{j=1}^M b_j = \sum_{j=1}^M c_j = 1, \quad 0 \leq b_j, \quad c_j \leq 1 \quad \text{для всех } j.$$

Для реализации любого  $j$ -го проекта нужно выделить на него такое минимальное количество  $i$ -го ресурса (обозначается через

---

<sup>1</sup> Авторы выражают благодарность Дж. Беннету за вклад в разработку данной темы.

$r_{ij}$ ), чтобы  $r_{ij} \geq 0$ . Ресурсные потребности всех проектов можно записать в виде матрицы

$$R = \|r_{ij}\| \text{ размерности } N \times M,$$

имеющей, по крайней мере, один ненулевой элемент в строке и столбце, т. е. для каждого пункта требуется, по крайней мере, один вид ресурса и каждый вид ресурса требуется, по крайней мере, для одного проекта.

Как отмечалось, задачи распределения вообще вынуждают распределять ресурсы в этой матрице потребностей по трем видам критериев.

1. Делать как можно больше.
2. Делать что-то как можно дешевле.
3. Получать максимально возможное отношение выгод к издержкам.

Прежде чем пояснить эти три группы целей распределения, определим некоторые дополнительные свойства ресурсов.

Рассмотрим матрицу

$$A = \|a_{ij}\| \text{ размерности } N \times M$$

*фактического* (а не минимального) распределения  $i$ -го ресурса на  $j$ -й проект. Предположив, что ресурсы неделимы до бесконечности, обозначим через  $n_i$  число неделимых единиц каждого  $i$ -го ресурса.

Природа неделимости ресурсов может принимать много форм, из которых можно выделить две: 1) функционально неделимые, например подразделения фирмы; 2) неделимые только из-за удобства измерения в рамках определенной проблемы, например единица в «1 миллион».

Обозначим через  $n_{ij}$  число единиц  $i$ -го ресурса, распределенного по  $j$ -му проекту при условии

$$\sum_{j=1}^M n_{ij} < n_i, \quad i = 1, \dots, N.$$

Для достаточно однородного множества проектов можно измерить относительную эффективность  $v_{ij}$  ресурса  $i$ , который используется для определенного проекта  $j$ . Можно, например, использовать водопроводчика, плотника или даже дантиста для починки неисправного крана. По-видимому, двое последних будут действовать менее эффективно. Выбирая наиболее эффективный ресурс как основу для сравнения, получаем  $v_{ij} < 1$  для всех ресурсов  $i$ , замещающих ресурс  $k$  при  $v_{kj} = 1$ . Для задач, где возможны некоторые замещения, можно получить  $a_{ij}$  единиц ресурсов, эквивалентных  $i$ -му ресурсу для проекта  $j$ , прежде всего превращая  $n_{ik}$  единиц

ресурса  $i$  в ресурс  $k$  с эффективностью  $v_{ik}$ , т. е.

$$a_k = \sum_{i=1}^N n_{ik} v_{ik}.$$

Итак, получено  $a_i$  единиц  $i$ -го ресурса. Теперь можно распределить  $a_{ij}$  единиц ресурса  $\left( \text{с } \sum_{j=1}^M a_{ij} \leq a_i \right)$  на  $j$ -й проект. Если превращение невозможно, то  $v_{ik}=0$  и распределение можно проделать просто в терминах «естественных единиц ресурса», т. е.  $a_{ij}=n_{ij}$ .

Случаи, рассматриваемые ниже, выбраны с учетом трех критериев:

1. Они должны отражать реальные проблемы распределения.
2. Их решения должны включать сравнения между дискретными комбинациями ресурсов.
3. Они должны позволять использовать приоритезированные измерения выгод, издержек или тех и других.

Случаи классифицируются в соответствии с характером целевой функции. Затем в каждом случае обсуждаются те изменения в ограничениях, которые представляются характерными при решении практических задач.

#### СЛУЧАЙ 1. ДЕЛАТЬ КАК МОЖНО БОЛЬШЕ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСАХ

В качестве примера рассмотрим фирму с несколькими производственными линиями. Каждой производственной линии может соответствовать приоритет  $b_j$ , полученный из иерархического анализа таких факторов, как ожидаемая рентабельность, стратегическая важность сохранения доли на рынке, требования к потоку наличных денег и разнообразие выпускаемой продукции. Изначально экономика производства предполагается такой, что в партии должно присутствовать фиксированное число единиц продукции, произведенной на каждой линии производства. Эта партия может соответствовать выпуску за один день, как, например, в случае частично автоматизированного производства одежды. При этом раскрой осуществляется программируемым оборудованием; изменение программы и материалов производится по вечерам, когда остальное производство не работает. Производство меньшего количества единиц продукции, чем возможно за полный рабочий день,— дорогая субоптимальность. Поэтому администрация рассматривает только такие партии, производство которых занимает полный рабочий день.

Для каждой потенциальной партии одежды ( $j=1, \dots, M$ ) необходимо несколько видов ресурсов ( $i=1, \dots, N$ ). Ресурсами считается не только одежда, но и труд, управленческий персонал и

специализированное оборудование. Если фирме не удастся распределить достаточно ресурсов на каждую партию (т. е.  $a_{ij} \leq r_{ij}$ ), то будем считать, что вся партия бракуется и не может быть продана (Позднее это ограничение можно будет ослабить.) Поэтому задача распределения заключается в выборе тех производственных линий, которые получают максимальный общий приоритет при ограничениях, соответствующих наличным ресурсам.

Каждый проект ничего не «стоит» до тех пор, пока его не реализуют полностью, в этом случае его «стоимость» равна приоритету выгод. Нужно максимизировать общую выгоду от реализации проектов, распределяя  $n_i$ ,  $i=1, 2, \dots, N$ . Задача состоит в том, чтобы выбрать  $x_j$ , максимизирующие

$$\sum_{j=1}^M b_j x_j, \quad (7.1)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^M b_j = 1, \quad (7.2)$$

$$\sum_{j=1}^M a_{ij} \leq n_i, \quad i=1, \dots, N, \quad (7.3)$$

$$x_{ij}=1, \text{ если } (a_{ij}-r_{ij}) \geq 0, \text{ иначе } x_{ij}=0, \quad (7.4)$$

$$x_j=1, \text{ если } \sum_{i=1}^N x_{ij}=N, \text{ иначе } x_j=0. \quad (7.5)$$

Отметим, что это — не стандартная задача линейного программирования, а комбинаторная задача о рюкзаке. В условии (7.4) утверждается, что проект  $j$  можно осуществить только в случае, если запросы на каждом входе проекта могут быть покрыты объемами наличных ресурсов, которые выделены на проект.

Однако нереалистично предполагать, как это делается в описанной выше основной модели, что недостаток любого ресурса по существу бракует всю партию. Более разумно предположить, что каждый, даже незначительный недостаток ресурса снижает стоимость (или полезность) партии. Такое предположение приводит к изменению предыдущей модели.

*Модификация 1.* Она возникла при планировании развития энергетики с учетом непредвиденных обстоятельств. Рассмотрим экономику, когда происходит незначительное сокращение всех типов источников энергии (например, угля, нефти, газа и ядерной

энергии) для промышленных целей. Для простоты предположим, что распределение источников энергии до сокращения было оптимальным для эффективного производства.

Имеет смысл предположить, что сокращение выработки любого типа энергии на входе системы проявляется в снижении эффективности функционирования промышленности (обозначаемой через  $e_{ij}$ ). В простейшем случае сокращения могут быть пропорциональны и одинаковы для всех входов и отраслей промышленности. Большие сокращения требуют исследования взаимозависимостей между входами и выходами в отраслях промышленности, а также измерений снижения эффективности по всем входам и отраслям [5].

«Ценность» каждой отрасли промышленности до сокращения берется в качестве приоритета, вычисляемого из общей иерархии, из которой определяется важность данной отрасли промышленности во всей экономике. Задача общественной организации, которой поручено вести дела, связанные с сокращением выработки различных видов энергии, состоит в максимизации общей промышленной активности после того, как произошли эти сокращения. Таким образом, эта организация должна распределить сокращения каждого вида энергии на отрасли таким образом, чтобы общая «ценность» промышленности была бы наибольшей. Это предполагает, что каждый проект «стоит» чего-то, даже если он полностью не реализован, причем эта «стоимость» лежит где-то между приоритетом проекта (при полной реализации) и нулем (если он совсем не реализован). Такая модификация модели требует определения меры неадекватности распределения и соотносит ее с приоритетом проекта.

Пусть  $e_{ij}$  — мера неадекватности распределения  $i$ -го ресурса на  $j$ -й проект. Тогда  $e_{ij}$  — некоторая функция разности между тем, что требуется, и тем, что распределяется, т. е.

$$e_{ij} = f(r_{ij} - a_{ij}),$$

причем

$$\text{если } a_{ij} \geq r_{ij}, \text{ то } e_{ij} = 1,$$

если  $r_{ij} > 0$  (т. е. если, по крайней мере, некоторый  $i$ -й ресурс должен быть распределен) и  $a_{ij} = 0$ , то  $e_{ij} = 0$ .

Простой способ определения  $f$ , приемлемый для малых сокращений, будет таким

$$e_{ij}^* = a_{ij}/r_{ij} \text{ при } r_{ij} > 0.$$

**Модификация 2.** Еще большее обобщение достигается, если вместо того, чтобы распределить ресурсы и зафиксировать их использование (как это было бы в случае предварительной описи материальных входов), допустить, что между ними могут быть сделаны взаимозамены. В сложной задаче планирования, которая обсуждается ниже, 10-летний период и масштабы всей страны

предоставляли возможность для определения взаимозаменяемости и обратимости потенциальных входов как основной цели исследования.

Детальный план развития транспорта в Судане на 1985 г. был построен в виде наборов сценариев, которые представляли собой альтернативные пути развития для этой страны [4]. Из сценариев был получен набор проектов развития транспорта. Иерархический анализ воздействия этих проектов на обобщенный сценарий развития страны позволил получить приоритеты как меры общей эффективности. Кроме того, издержки и графики реализации проектов, наличие определенных ресурсов и взаимозаменяемость ресурсов были исследованы для альтернативных путей развития. В этом описании игнорируются сложные факторы взаимозависимости и составления проектов, с чем можно, однако, справиться, введя дополнительные альтернативы проектов и дополнительные ограничения на издержки.

Снова нужно максимизировать общие выгоды от проектов, которые могут быть завершены. В этой модификации можно заменить ресурсы в любой момент действия плана. Например, некоторых людей, живущих в Судане, можно нанять на работу непосредственно следуя транспортным проектам, или можно поощрить эмиграцию с пересылкой в Судан части их валютного заработка.

Может оказаться возможным превратить накопленные запасы ресурсов в ресурсе  $i$  для использования в транспортной системе. В этом случае распределение  $a_{ij}$  происходит следующим образом:

$$(a_{ij} - r_{ij}) > 0 \text{ при условии } \sum_{i=1}^M a_{ij} < n_i, i = 1, \dots, N,$$

если проект должен быть полностью завершен, чтобы иметь какую-либо ценность. (В плане транспортного развития для многих проектов типично, что они предшествуют другим, и для осуществления последних необходима полная реализация предварительных проектов.)

Отметим две отличительные черты этой проблемы. Во-первых, для вектора  $N = n_1, \dots, n_N$  — фактора накопленных запасов — подразумевается бюджетное ограничение. За десятилетие, в течение которого осуществляется план, возможны рост и изменения в объемах этого ресурса. Так как действующий бюджет динамичен, его проектирование является частью процесса планирования.

Во-вторых, есть два «этапа» распределения, необходимые для максимизации общих выгод. Каждая пробная комбинация проектов подразумевает выбор схемы для замещения ресурсов. Коэффициенты замещения можно интерпретировать как матрицу входа-выхода, и этот этап распределения можно осуществить, используя методы линейного программирования.

Предположим, что университетские расходы сокращаются, а руководитель, отвечающий за организацию академической деятельности, в это время получает большое число заявок с предложениями на субсидирование научных исследований. Руководитель определяет приоритеты тем с помощью иерархического анализа факторов, таких, как накладные расходы, потенциал научных достижений, которые они могут предоставить, и число рабочих мест для выпускников, которые они создадут. Осознавая проблематичность предложений и недостаточность ресурсов для реагирования на все заявки, руководитель определяет как цель — отбор предложений в соответствии с заданными общими выгодами, т. е. с заданным обобщенным приоритетом. Его цель, возможно, отвечает намекам декана об уровне исследовательской активности, гарантирующей обеспеченность и автономию факультета.

Основной ресурс руководителя — преподаватели. Каждому он приписывает ценность, которая отражает эффективность ученого в каждом виде деятельности. Эти ценности определяются исходя из следующего: списка научных трудов, зарплаты, уровня контактов с коллегами в субсидирующих организациях и т. д.

С другой стороны, отвлечение преподавателей от их нормальных обязанностей вызывает издержки, для которых также могут быть определены приоритеты. Вообще, издержки будут различаться по каждому из  $N$  сотрудников. Если обозначить через  $c_i$  стоимость часа времени  $i$ -го преподавателя и через  $n_{ij}$  — количество часов, которые они потратят на тему  $j$ , то целью будет минимизация выражения

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_i n_{ij} x_j$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^M b_j x_j \geq L, \quad \text{где } L — \text{минимальная степень участия,} \quad (7.6)$$

$$\sum_{j=1}^M b_j = 1, \quad (7.7)$$

$$\sum_{j=1}^M a_{kj} \leq a_k = \sum_{i=1}^N n_{ik} v_{ik}, \quad (7.8)$$

для  $j, k = 1, \dots, M$ ,

$$x_{ij} = 1, \text{ если } (r_{ij} - a_{ij}) > 0, \text{ иначе } x_{ij} = 0, \quad (7.9)$$

$$x_i = 1, \text{ если } \sum_{j=1}^M x_{ij} = M, \text{ иначе } x_i = 0. \quad (7.10)$$

*Модификация.* В предыдущем примере заявки на темы или выполняются, или нет. Но есть много случаев, когда частичное выполнение проекта имеет смысл. Рассмотрим организацию, состоящую из нескольких профессиональных групп работников, которые могут предоставлять различные услуги, такие, как уборка снега, организация школьных перевозок и т. д.

Предположим, что организация работает на четко определенной территории, так что каждый работник группы принимает клиентов в целом как объекты услуг. Возможности каждого работника позволяют ему выполнять набор услуг с разной степенью эффективности. Организация не может полностью обеспечить выполнение всех услуг на уровне, требуемом клиентами. Действительно, ей нужно удовлетворить некоторый минимальный уровень требований для обеспечения переизбрания ее сотрудников. Избиратели ценят даже частичное оказание каждой из услуг с некоторой степенью поддержки.

Предполагается, что организация определила приоритеты услуг на основе их вклада в будущую победу на выборах.

В результате анализа сокращения использования энергии (случай 1) была выдвинута гипотеза о том, что небольшие уменьшения на каждом входе ухудшали характеристики системы пропорционально величине этих сокращений. Если сохранить интерпретацию частичного выполнения проекта, то организация может способствовать переизбранию своих сотрудников, производя большое количество услуг, но не на должном уровне или частично. Организации следует просто минимизировать общие издержки групп работников, выполняющих услуги, для гарантирования переизбрания своих сотрудников. Другими словами, минимизируется выражение

$$\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N c_i n_{ij} f_j,$$

(где  $f_j = \prod_{i=1}^N e_{ij}$  будет определено ниже)

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^N c_i = 1, \quad \sum_{j=1}^M b_j f_j \geq 1/2, \quad \sum_{j=1}^M n_{ij} \leq n_i.$$

Определим

$$e_{ij}^* = (r_{ij} - \sum_{k=1}^N n_{ik} v_{ik}) / r_{ij} \quad \text{для } a_{ij} > 0,$$

если  $e_{ij}^* > 0$ , или  $r_{ij} = 0$ , то  $e_{ij} = 1$ , иначе  $e_{ij} = 0$ .



Минимизация целевой функции может по-прежнему налагать неприемлемые издержки на группы работников. В этом случае организация смягчает дополнительное «бюджетное» ограничение на целевую функцию.

Как следствие, организация может потерпеть крах, так как группы работников перестают поддерживать ее.

### СЛУЧАЙ 3. ПОЛУЧИТЬ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОЕ ОТНОШЕНИЕ ВЫГОД К ИЗДЕРЖКАМ ДЛЯ ПАКЕТА ПРОЕКТОВ

Можно сформулировать отношение выгод к издержкам для любого проекта  $j$ , разделив приоритет выгод  $b_j$  на вес издержек  $c_j$ . Если разбить меру издержек на единицы частично взаимозаменяемых ресурсов, то получим

$$b_j / \sum_{i=1}^N c_i n_{ij},$$

где  $c_i$  — приоритет «издержек» единицы ресурса  $i$ .

Чтобы эта величина была максимальной, проекты добавляются до тех пор, пока ограничения не будут превышены. Конкретно целью является максимизация выражения

$$\sum_{j=1}^M b_j f_j / \sum_{i=1}^N c_i n_{ij},$$

где сумма берется по тем проектам, по которым расходуются какие-либо ресурсы, т. е. для которых  $n_{ij} > 0$ .

Ограничения будут такими

$$\sum_{i=1}^M b_j = 1, \quad \sum_{i=1}^M n_{ij} \leq n_i,$$

а  $f_j$  вычисляется, как и раньше.

В качестве примера рассмотрим общественную организацию. При фиксированном бюджете она стремится выбрать проекты так, чтобы максимизировать суммарное отношение выгод к издержкам. Организация будет пытаться израсходовать все ресурсы, полностью осознавая, что отношение выгод к издержкам «последнего» выбранного проекта может быть малым. Действительно, если и выгоды, и издержки выражены как приоритеты, то для их отношения нет обычной интерпретации, заключающейся в том, что единица является «ничейной» точкой. Так как приоритеты выгод и издержек сформулированы с помощью иерархического анализа по возможно разнородным компонентам, выраженным в различных единицах, то полностью оправдывается предположение, заключающееся в том,

что при анализе следует отказаться от «ничейной» концепции и заострить внимание на максимизации общего отношения пакета проектов. Поскольку проекты  $j=1, \dots, N$  представляют собой довольно большой набор альтернатив, для целевой функции ищется распределение, максимизирующее общую сумму отношений выгод к издержкам.

**Модификация 1.** Можно разработать множество разных моделей анализа отношения выгод к издержкам. Во-первых, отношение  $b_j/c_j$  можно переписать в форме, аналогичной формуле Марглина [2], в которой дисконтируются будущие выгоды и издержки и предоставляется возможность асинхронно распространить их на несколько периодов. Можно усложнить модель, если допустить ограничения «потока наличных средств» или его аналога для приоритетов. Можно попытаться максимизировать выражение:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^M b_{jt} x_{jt} / \sum_{i=1}^N c_i n_{ijt},$$

где индекс  $t$  просто соответствует раскладке издержек и выгод по времени. Дополнительное ограничение для всех  $t=1, \dots, T$ , которое отражает требования к «потоку наличных средств»:

$$\sum_{j=1}^M b_{jt} x_{jt} / \sum_{i=1}^N c_i n_{ijt} \geq F,$$

где  $F$  может быть функцией времени.

**Модификация 2.** Второй способ обобщения модели — явно выразить в приоритетах временную взаимозависимость между проектами. В самой простой из подобных схем рассматриваются только пары проектов и задается вопрос, насколько изменяются выгоды и издержки в зависимости от того, какой из этих проектов реализуется первым. Например, пусть  $B=[b_{hj}]$  и  $C=[c_{hj}]$  — матрицы размерностью  $M \times M$ , для которых проект  $h$  предшествует проекту  $j$ . Пусть  $x_{hj}=1$ , если  $h$  предшествует  $j$  (иначе  $x_{hj}=0$ ) и все релевантные условия, описанные выше, удовлетворяются. Тогда можно выбирать цель, максимизируя выражение

$$\sum_{h=1}^M \sum_{j=1}^M b_{hj} x_{hj} / \sum_{i=1}^N c_i n_{ij}$$

при соответствующих ограничениях.

Более подробно временные взаимозависимости можно выявить, применив методы критического пути или ПЕРТ, однако эти вопросы лежат за пределами нашего исследования.

Для иллюстрации моделей, контуры которых были очерчены, рассмотрим гипотетическую проблему, возникшую перед офицером

ВВС, который должен выбрать цели для заданной единицы некоторой системы вооружения. Пример строится таким образом, чтобы охватить некоторые модификации, которые обсуждались выше.

Вначале предположим, что для каждой из целей командованием были определены приоритеты и оценены способности офицера действовать с максимальной эффективностью при имеющихся в наличии силах. Цели и приоритеты их эффективности таковы:

	Наземная под- держка	Защита в воздухе	Транспортировка	Разведка
Приоритет	0,30	0,40	0,15	0,15

Список имеющихся систем вооружения следующий:

	Истребитель- бомбардировщик	Самолет- перехватчик	Транспортный самолет	Штурмовик	Атакующий вертолет
Число	8	6	4	2	6

Матрица ресурсных требований для каждой цели:

Региональные единицы	Истребитель- бомбардировщик	Самолет- перехватчик	Транспортный самолет	Штурмовик	Атакующий вертолет
Наземная под- держка	7	0	0	1	4
Защита в воздухе	4	6	0	0	2
Транспортировка	0	0	3	0	5
Разведка	1	1	0	0	0

Если офицер реализует цель с высшим приоритетом — защиту в воздухе, то у него остаются следующие ресурсы:

	Истребитель- бомбардировщик	Самолет- перехватчик	Транспортный самолет	Штурмовик	Атакующий вертолет
Остаток	4	0	4	2	4

Он достигает эффективности, равной 0,40.

Оставшимися ресурсами он не может осуществить каких-либо других действий. Тем не менее если он выберет выполнение наземной поддержки в сочетании с разведкой, то общая эффективность достигнет 0,45 и еще останутся кое-какие ресурсы.

	Истребитель- бомбардировщик	Самолет- перехватчик	Транспортный самолет	Штурмовик	Атакующий вертолет
Остаток	4	0	4	1	2

При реализации разведки вместе с транспортировкой (третья возможная комбинация) эффективность достигнет только 0,30. Поэтому выбор наземной поддержки и разведки представляется наилучшим возможным решением.

Весьма вероятно, что взаимозаменяемость систем вооружения позволит офицеру реализовать цели разными путями. Предположим, что офицер имеет следующие оценки эффективности каждой системы вооружения при реализации каждой цели. (Отметим, что физическое превращение ресурсов сюда не включено.)

	Истреби- тель-бом- бардиров- щик	Самолет- перехват- чик	Транс- портный са- молет	Штурмовик	Атакующий вертолет
Истребитель-бомбардировщик	1	1/4	0	1/2	1/2
Самолет-перехватчик	1/3	1	0	0	0
Транспортный самолет	0	0	1	1/3	1/4
Штурмовик	0	0	1/5	1	1/2
Атакующий вертолет	0	0	0	1/3	1

Например, в позиции (1, 2) фактически дается пропорция замещения, согласно которой для работы, выполняемой одним самолетом-перехватчиком, нужно 4 истребителя-бомбардировщика.

Снова с целью максимизации эффективности оцениваются найденные офицером альтернативы.

	Число оставшихся единиц					Суммарная эффектив- ность
	Истреби- тель-бом- бардиров- щик	Самолет- перехват- чик	Транс- портный самолет	Штурмовик	Атакующий вертолет	
А. Начать с наземной поддержки Добавить разведку Использовать штурмовики как атакующие вертолеты Использовать транспортные самолеты как атакующие вертолеты	1	6	4	1	2	0,30
	0	5	4	1	2	0,45
	0	5	0	1	3	0,45
	0	5	0	0	3 1/2	0,45
Б. Начать с защиты в воздухе Использовать штурмовики как атакующие вертолеты Добавить транспортировку	4	0	4	2	4	0,40
	4	0	4	0	5	0,40
	4	0	1	0	0	0,55

Исследование различных комбинаций показывает, что разумная замена систем вооружения теперь сделала «защиту в воздухе с

транспортировкой» более предпочтительной, чем «наземную поддержку вместе с разведкой». Ситуация, очевидно, усложнится, если офицер получит некоторую эффективность после частичной реализации целей; этот вопрос выходит за рамки рассматриваемого примера.

Теперь предположим, что издержки реализации цели получили следующие приоритеты:

Наземная поддержка	Защита в воздухе	Транспортировка	Разведка
0,35	0,35	0,24	0,06

Так как уже известны возможности, связанные с реализацией альтернатив, можно легко вычислить отношение эффективности к издержкам для каждой альтернативы следующим образом:

1. Защита в воздухе вместе с транспортировкой

$$(0,40+0,15) / (0,35+0,24) = 0,55/0,59 = 0,93.$$

2. Наземная поддержка вместе с разведкой:

$$(0,30+0,15) / (0,35+0,06) = 0,45/0,41 = 1,10.$$

3. Разведка вместе с транспортировкой

$$(0,15+0,15) / (0,24+0,06) = 0,30/0,30 = 1,00.$$

Эти первые отношения эффективностей к издержкам дают материал для сравнения желательности каждой альтернативы по отношению к эталонной ситуации «ничего не предпринимать». Так как отношение больше, чем некоторый заранее определенный стандарт (скажем, 0,8), реализация любой из этих альтернатив оправдана в большей степени, чем не предпринимать ничего.

В этом примере альтернатива «наземная поддержка вместе с разведкой» имеет наиболее предпочтительное отношение. Однако из этого отношения предпочтительности не видно, оправданы ли дополнительные издержки, необходимые для реализации альтернатив с более высокими издержками. Как показано в табл. 7.2, нужно сравнить инкрементальное отношение предпочтительности для любой альтернативы с высокими издержками с любой альтернативой с низкими издержками.

Из табл. 7.2 следует, что выбор альтернатив «наземная поддержка вместе с разведкой» и «защита в воздухе вместе с транспортировкой» можно оправдать по сравнению с выбором альтернативы с наименьшими издержками «разведка вместе с транспортировкой». Тем не менее выбор варианта «защита в воздухе вместе с транспортировкой» нельзя оправдать по сравнению с «наземной поддержкой вместе с разведкой». Из предыдущего обсуждения следует, что «наземная поддержка плюс разведка» — наиболее предпочтительная альтернатива.

Таблица 7.2.

## Инкрементальные отношения эффективности к издержкам

Альтернативы	Индексы		Сравнение отношения эффективности к издержкам проверяемых альтернатив (в столбцах) с альтернативами с низкими издержками (в строке)	
	эффективности	издержек	Наземная поддержка плюс разведка	Защита в воздухе плюс транспортировка
Разведка плюс транспортировка	0,30	0,30	$0,15/0,11=1,36 > 0,8$	$0,25/0,29=0,86 > 0,8$
Наземная поддержка плюс разведка	0,45	0,41		$0,10/0,18=0,56 < 0,8$ (не допустимо)
Защита в воздухе плюс транспортировка	0,55	0,59		
Индексы эффективности издержек			0,45 0,41	0,55 0,59

Прежде чем перейти к заключению, отметим два момента. То, что наиболее предпочтительная альтернатива «наземная поддержка вместе с разведкой» также имеет наивысшее отношение эффективности к издержкам, — совпадение. Если определить более низкий стандарт (скажем, 0,50), наиболее предпочтительной альтернативой была бы «защита в воздухе вместе с транспортировкой». Во-вторых, эта процедура предполагает отсутствие ограничений на капиталовложения, что не всегда реалистично. В условиях нормирования капитала разрешающее правило модифицируется, к нему добавляется, что наиболее предпочтительная альтернатива должна быть в пределах ограничений на капитал; в противном случае выбирается следующая по порядку альтернатива с низкими издержками, которая не противоречит разрешающему правилу.

## 7.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нормативная теория экономики, которая дает концептуальную основу для анализа противоречий и распределения ресурсов, подвергалась критике за ее ограничивающие допущения и неприменимость к системным проблемам, в частности к проблемам, возникающим в общественной жизни. Особенно непригодны *традиционные* методы анализа «стоимость — эффективность» и распределения ресурсов для адекватного обращения к ним по проблемам трех типов, с которыми часто сталкиваются специалисты по планированию:

1. *Многоаспектная проблема.* Издержки и выгоды альтернативных политик или проектов характеризуются многими признаками, относительная важность которых не может быть удовлетворительно исследована по двумерным кривым безразличия, кривым преобразо-

вания или с помощью других ограничительных моделей, полученных из нормативной экономической теории решений. Систематические попарные сравнения относительной важности признаков — на языке выгод и издержек — возможны только при построении *N*-мерной аналитической схемы, в которой критерии решения не заключены в узких рамках теоретических моделей.

2. *Качественная проблема.* Издержки и выгоды альтернативных проектов не всегда можно измерить в обычных единицах измерения, таких, как доллары, галлоны или фунты. Невозможно, например, изобрести «единицы» измерения восстановления городских зданий и «единицы» измерения национальной обороны для того, чтобы с их помощью достигнуть компромисса и эффективно распределить ресурсы. Таким образом, оценки альтернативных исходов должны быть основаны на субъективных экспертных суждениях и их приоритеты должны отражать знания, полученные как из объективных данных, так и из опыта.

3. *Проблема группового принятия решений.* Акцент нормативной экономической теории на персональные функции полезности и оптимизацию поведения не оправдывает себя при подсчете вероятности того, что в любом заданном контексте планирования возможно существование групп ЛПР, каждое из которых преследует единичные и, возможно, противоречивые цели. Торги, компромиссы и другие политические стратегии часто порождают решения, которые приемлемы для каждого актора, однако ни для кого не оптимальны.

Традиционные методы анализа «стоимость — эффективность» и распределения ресурсов не предоставляют четко сформулированной техники установления и синтеза предпочтений для группы ЛПР.

Метод анализа иерархий справляется с этими тремя проблемами, не отвергая логическую привлекательность и методологическую строгость нормативной экономической теории. Как таковой МАИ успешно навел интеллектуальные и философские мосты, отсутствие которых до сих пор срывало разумный диалог между экономистами и статистиками, строивших элегантные нормативные модели решений, и специалистами по теории организаций и политическим наукам, которые конструировали реалистические дескриптивные модели фактических процессов принятия решений. Более того, этот диалог обогащен тщательно разработанной методологией, которая может быть применена и изучена в различных ситуациях планирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### К главе 1

1. Bertalanffy, Ludwig von (1968) *General Systems Theory*, New York: George Braziller.
2. Bertalanffy, Ludwig von (1972) The History and Status of General Systems Theory, *In Trends in General Systems Theory*, George Klir (ed.), New York: Wiley, pp. 21–41.
3. Boulding, Kenneth E. (1968) General Systems Theory: The Skeleton of Science, in *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist*, Walter Buckley (ed.) Chicago: Aldine, pp. 3–10.
4. Blaubeurg, Igor, V. N. Sardovsky and E. G. Yudin (1977) *Systems Theory: Philosophical and Methodological Problems*, Moscow: Progress Press.
5. Churchman, C. West, R. L. Ackoff and E. L. Arnoff (1957) *Introduction to Operations Research*, New York: John Wiley and Sons.
6. Ellul, Jacques (1964) *The Technological Society*, New York: Alfred A. Knopf.
7. Kuhn, Thomas (1970) *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: Aldine.
8. LeShan, Lawrence and Henry Margenau (1982) *Einstein's Space and van Gogh's Sky*, New York: McMillan.
9. Mitroff, Ian and James Emshoff (1979) On Strategic Assumption-making: A Dialectic Approach to Policy and Planning, *Academy of Management Review*, 4, pp. 1–12.
10. Odum, Howard T. (1971) *Environment, Power and Society*, New York: Wiley Interscience.
11. Saaty, Thomas L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill.
12. Shannon, Claude and Warren Weaver (1964 (c) 1948) *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana: University of Illinois Press.
13. Simon, Herbert A. (1965) The Architecture of Complexity, in *Yearbook of the Society for General Systems Research*, Ludwig von Bertalanffy and Anatol Rappoport (eds.) 10, pp. 63–76.
14. Watson, James D. (1968) *The Double Helix*, New York: Signet.
15. Weaver, Warren (1948) Science and Complexity, *American Scientist*, 36, pp. 536–544.
16. Wiener, Norbert (1948) *Cybernetics*, Cambridge: Technology Press.
17. Wilson, Edward O. (1975) *Sociobiology: The New Synthesis*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
18. Ackoff, R. L., *Redesigning the Future: A Systems Approach to Societal Problems*, New York: Wiley, 1974.
19. Ackoff, R. L. and Emery, *On Purposeful Systems*, Chicago: Aldine, 1972.
20. Ashby, W. R., *An Introduction to Cybernetics*, New York: Wiley, 1963.
21. Baker, Frank (editor), *Organizational Systems: General Systems Approaches to Complex Organizations*, Irwin, 1973.
22. Banathy, Bela, *A Systems View of Education*, Fearon, 1973.
23. Beckett, J. A., *Management Dynamics: One New Synthesis*, New York: McGraw-Hill, 1971.
24. Beer, S., *Brain of the Firm: A Development in Management Cybernetics*, Herder and Herder, 1972.
25. Beishon, John and Peters, Geoff eds. *Systems Behavior*, New York: Harper Row, 1973.
26. Benton, J. B., *Managing the Organizational Decision Process*, Lexington: Lexington Books, 1973.
27. Berlinski, D., *On Systems Analysis: An Essay Concerning the Limitations of Some Mathematical Methods in the Social, Political, and Biological Sciences*, Cambridge: MIT Press, 1976.
28. Berrien, F., A General Systems Approach to Organizations, in *Handbook of Industrial and Organizational Psych.*, M. Dunnette, ed., Chicago: Rand McNally, 1976.
29. Bertalanffy, Ludwig von, *General Systems Theory*, New York: George Braziller, 1968.
30. Bertalanffy, Ludwig von, *Perspectives on General Systems Theory: Scientific and Philosophical Studies*, New York: George Braziller, 1975.
31. Boguslow, Robert, *The New Utopians, A Study of System Design and Social Change*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1965.
32. Bossel, S., Klacko and N. Muller (editors), *Systems Theory in the Social Sciences: Stochastic and Control Systems, Fuzzy Analysis, Simulation, Behavioral Models*, Bazez, Birkhauser, 1976.
33. Brauers, W. K., *Systems Analysis, Planning and Decision Models: with special reference to national defense*. New York: Elsevier, 1976.



34. Buckley, Walter Frederick, *Modern Systems Research for Behavioral Scientist; a Source Book*, Chicago: Aldine, 1968.
35. Buckley, Walter Frederick, *Sociology and Modern System Theory*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1967.
36. Buckley, Walter Frederick, (editor) *Scientist*, Chicago, Aldine, 1968.
37. Buckley, Walter Frederick, *Sociology and Modern System Theory*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1967.
38. Catanese, Anthony James and Alan Walter Steiss, *Systemic Planning: Theory and Application*, Lexington: Heath-Lexington Books, 1970.
39. Cavallo, R. E., *The Role of Systems Methodology in Social Science Research*, The Hague: Martinus Nijhoff, 1979.
40. Cavallo, R. E., (editor) *Recent Developments in Systems Methodology for Social Research*, The Hague: Martinus Nijhoff, 1979.
41. Chadwick, G., *A Systems View of Planning: Towards a Theory of the Urban and Regional Planning Process*, New York: Pergamon, 1972.
42. Chartrand, R., *Systems Technology Applied to Social and Community Problems*, Hayden, 1970.
43. Churchman, C. West, *The Design of Inquiring Systems*, New York: Basic, 1972.
44. Churchman, C. West, *The Systems Approach*, New York: Dell, 1969.
45. Churchman, C. West, *The Systems Approach and Its Enemies*, New York: Basic, 1979.
46. Cooper, W. W., C. Eastman, Johnson, and Kortanec, *Systems Approach to Urban Planning: Mixed, Conditional, Adaptive and Other Alternatives*, CMU, Institute of Physical Planning, Res. Report #6, Pittsburgh, 1970.
47. DeGreene, Kenyon B., *Sociotechnical Systems: Factors in Analysis, Design and Management*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1973.
48. DeGreene, Kenyon B., *Systems Psychology*, New York: McGraw-Hill, 1970.
49. Demereth and Peterson, *System Change & Conflict*, New York: Free Press, 1967.
50. Deutsch, K. W., et al. (editors) *Problems of World Modeling: Political and Social Implications*, Ballinger, 1977.
51. Deutsch, K. W., *The Nerves of Government*, second edition, New York: Free Press, 1966.
52. Dimitroff, *The Systems View of Planning*, New York: Oxford Polytechnic, 1972.
53. Emery, F. E., (editor) *Systems Thinking*, New York: Penguin, 1970.
54. Emshoff, James R., *Analysis of Behavioral Systems*, New York: MacMillan, 1971.
55. Ericson, R., (editor) *Improving the Human Condition: Quality and Stability in Social Systems*, Basel: Birkhouser Verlag, 1979.
56. Exton, William, *The Age of Systems; the Human Dilemma*, American Mgt. Association, 1972.
57. Faure, Pierre and Depeyrot, Michel, *Elements of System Theory* Amsterdam: North Holland, 1977.
58. Forrester, J. W., *Principles of Systems*, Wright-Allen, 1968.
59. Fuller, Buckminster, *Synergetics*, New York: MacMillan, 1974.
60. Hall, Darl Meredith, *The Management of Human Systems*, Cleveland: Association for Systems Management, 1971.
61. Hoos, Ida, R., *Systems Analysis in Public Policy*, Chicago: University of Chicago Press, 1972.
62. Huse, E. and J. Bowditch, *Behavior in Organizations: A Systems Approach to Managing*, second edition, Reading: Addison-Wesley, 1977.
63. Jantsch, E., and C. H. Waddington, *Evolution and Consciousness: Human Systems in Transition*, Reading: Addison-Wesley, 1976.
64. Johnson, Richard Arird, F. E. Kast and J. E. Rosenzweig, *The Theory and Management of Systems*, New York: McGraw-Hill, 1963.
65. Karnapp and Rosenberg, *Systems Dynamics—A Unified Approach*, New York: Wiley Interscience, 1975.
66. Kast, F., and J. Rosenzweig, *Organization and Management: Systems and Contingency Approach*, third edition, New York: McGraw-Hill, 1979.
67. Katz and Kahn, *The Social Psychology of Organizations*, second edition, New York: Wiley & Sons, 1978.
68. Kelleher, G. J., (editor) *Challenge to Systems Analysis, Public Policy and Social Change*, New York: Wiley, 1970.
69. Kelly, William F., *Management Through Systems and Procedures: The Total Systems Concept*, New York: Wiley, 1969.
70. Kircher, Paul W. and R. N. Mason, *Introduction to Enterprise: A Systems Approach*, Los Angeles: Melville Publishing Co., 1975.
71. Klir, George J., *Trends in General Systems Theory*, New York: Wiley Interscience, 1972.
72. Klir, George J., *Applied General Systems Research: Recent Developments and Trends*, Plenum Press, 1977.

73. Kotter, *Organizational Dynamics: Diagnosis and Intervention*, Reading: Addison-Wesley, 1978.
74. Kramer and DeSmit, *Systems Thinking*, Boston: Kluwer, 1977.
75. Laszlo, E., *Introduction to Systems Philosophy: Toward a New Paradigm of Contemporary Thought*, New York: Harper and Row, 1972.
76. Laszlo, E., (editor) *The Relevance of General Systems Theory*, New York: Braziller, 1972.
77. Laszlo, E., *The Systems View of the World: The Natural Philosophy of the New Developments in the Sciences*, New York: Braziller, 1972.
78. Laszlo, E., (editor) *The World System: Models, Norms, Applications*, New York: Braziller, 1973.
79. Laszlo, E., *A Strategy for the Future, the Systems Approach to World Order*, New York: Braziller, 1974.
80. Lilienfeld, R., *The Rise of Systems Theory: Ideological Analysis*, New York: Wiley, 1975.
81. Marx and Hillix, *Systems and Theories in Psychology*, third edition, New York: McGraw-Hill, 1979.
82. Matthies, Leslie H., *The Management System: Systems are for People*, New York: Wiley, 1976.
83. Merton, *Social Theory and Social Structure*, New York: Free Press, 1949.
84. Mesarovic, M. D., and Y. Takahara, *General Systems Theory: Mathematical Foundations*, New York: Academic Press, 1975.
85. Mesarovic, M., (editor) *Views on General Systems Theory: Proceedings*, second edition, Systems Symposium, Case Institute, 1963, Huntington: Krieger, 1974 (c1964).
86. Mesarovic, M., and A. Reisman, (editors) *Systems Approach and the City*, Amsterdam: North Holland, 1972.
87. Miles, R., (editor) *Systems Concepts: Lectures on Contemporary Approaches to Systems*, New York: Wiley, 1973.
88. Miller, J., *Living Systems*, New York: McGraw-Hill, 1978.
89. Milsum, John H., *Positive Feedback: A General Systems Approach to Positive/Negative Feedback and Mutual Causality*, New York: Pergamon Press, 1968.
90. Ruben, B. D. and Kim, (editors) *General Systems Theory and Human Communication*, Hayden, 1975.
91. Rubin, M. D. (editor) *Man in Systems*, New York: Gordon and Breach, 1971.
92. Saaty, T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill International, 1980.
93. Seiler, J., *Systems Analysis in Organizational Behavior*, Homewood, Dorsey Press, 1967.
94. Sutherland, J. W., *Administrative Decision Making: Extending the Bounds of Rationality*, Van Nostrand Reinhold, 1977.
95. Sutherland, J. W., *Societal Systems: Methodology, Modeling, and Management*, Amsterdam, North-Holland, 1978.
96. Sutherland, J. W., *A General Systems Philosophy for the Social and Behavioral Sciences*, New York: Braziller, 1973.
97. Teune, H. and Z. Milinar, *The Developmental Logic of Social Systems*, Beverly Hills, Sage, 1978.
98. Van Gigh, J. P., *Applied General Systems Theory*, New York: Harper Row, 1974.
99. Werck, K., *The Social Psychology of Organizing*, Reading: Addison-Wesley, 1969.
100. Weinberg, Gerald M., *An Introduction to General Systems Thinking*, New York: Wiley, 1975.
101. Weiss, P., *Hierarchally Organized System in Theory and Practice*, Hofner, 1971.
102. Weltman, *System Theory in International Relations*, Lexington: Lexington Books, 1973.
103. Wright, Chester and Michael D. Tate, *Economics and Systems Analysis: Introduction for Public Managers*, Reading: Addison-Wesley, 1973.
104. Young, Stanley, *Management: a Systems Analysis*, Glenview: Scott, Foresman, 1966.
105. Zadeh, L. A., et al. (editors) *Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes*, New York: Academic Press, 1975.
106. Zadeh, L. A., and Polak, *Systems Theory*, New York: McGraw-Hill, 1969.

## К главе 2

1. Ackoff, Russell (1974) *Redesigning the Future*, New York: John Wiley.
2. Bertalanffy, Ludwig von (1968) *General Systems Theory*, New York: Braziller.
3. Bertalanffy, Ludwig von (1975) *Perspectives on General Systems Theory*, New York: Braziller.
4. Bertalanffy, Ludwig von (1972) *The History and Status of General Systems Theory*, in George Klir (ed.) *Trends in General Systems Theory*, New York: Wiley Interscience.

5. Blauberg, I., V. N. Sardovsky and E. G. Yudin (1977) *Systems Theory: Philosophical and Methodological Problems*, Moscow: Progress Press.
6. Boulding, Kenneth (1968) General Systems Theory: The Skeleton of Science, in Walter Buckley (ed.) *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist*, Chicago: Aldine.
7. Churchman, C. W., R. L. Ackoff and E. L. Arnoff (1957) *Introduction to Operations Research*, New York: John Wiley.
8. Ellul, Jaques (1964) *The Technological Society*, New York: Alfred Knopf.
9. Kuhn, Thomas (1970) *The Structure of Scientific Revolution* (2nd ed.) Chicago: University of Chicago Press.
10. Lazlo, Ervin (1975) Basic Constructs of Systems Philosophy, in Brent Ruben and John Kim (eds.) *General Systems Theory and Human Communication*, Rochelle Park, N. Y.: Hayden.
11. MacRae, Duncan (1976) *The Social Function of Social Science*, New Haven: Yale University Press.
12. Saaty, Thomas L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill.
13. Wiener, Norbert (1948) *Cybernetics*, Cambridge: Technology Press.
14. Wilson, Edward O. (1975) *Sociobiology: The New Synthesis*, Cambridge: Harvard Press.

### К главе 3

1. Anderson, N. H. (1974) Information Integration Theory: A Brief Survey, in D. H. Krantz, R. C. Atkinson, R. D. Luce, and P. Suppes, Eds. *Contemporary Developments in Mathematical Psychology*, 2, San Francisco: Freeman.
2. Cliff, N. (1975) Complete Orders from Incomplete Data: Interactive Ordering and Tailored Testing, *Psychol. Bull.*, **82**, 2.
3. Coombs, G. H. (1964) *A Theory of Data*, New York/London/Sydney: Wiley.
4. Guilford, J. P. (1928) The Method of Paired Comparisons as a Psychometric Method, *Psychol. Rev.*, **35**, pp. 494–506.
5. Hammond, K. R. and D. A. Dummers (1965) Cognitive Dependence on Linear and Nonlinear Cues, *Psychol. Rev.*, **72**, 3, pp. 215–224.
6. Hotelling, H. (1933) Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components, *J. Educ. Psychol.*, **24**, pp. 498–520.
7. Krantz, D. H. (1972) A Theory of Magnitude Estimation and Cross Modality Matchings, *J. Math. Psychol.*, **9**, pp. 168–199.
8. Luce, R. D. and P. Suppes (1964) Preference, Utility and Subjective Probability, in *Handbook of Mathematical Psychology*, III.
9. McConney, Mary and J. Verchota (1978) The Snail Darter Problem, unpublished paper: University of Pennsylvania.
10. Roy, B and P. Vincke (1981) Multicriterion analysis: Survey and Directions, *European J. Operat. Res.*, **8**, pp. 207–218.
11. Saaty, Thomas L. (1977) A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Mathematical Psychology*, **15**, 3, pp. 234–281.
12. Saaty, Thomas L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill.
13. Saaty, Thomas L. and Luis G. Vargas (1982) *The Logic of Priorities*, Boston: Kluwer-Nijhoff.
14. Saaty, Thomas L. (1982) *Decision Making for Leaders*, Belmont, CA: Wadsworth.
15. Saaty, Thomas L. (1982) Priority Setting in Complex Problems, *Proceedings of the Second World Conference on Mathematics at the Service of Man* Las Palmas, Canary Islands.
16. Shepard, R. N. (1972) A Taxonomy of Some Principal Types of Data and of Multidimensional Methods for their Analysis, in R. N. Shepard, A. K. Romney and S. B. Nerlove, Eds. *Multidimensional Scaling: Theory and Applications in the Behavioral Sciences*, 1, New York: Seminar Press, pp. 21–47.
17. Stevens, S. and E. Galanter (1964) Ratio Scales and Category Scales for a Dozen Perceptual Continua, *J. Experiment Psychol.*, **54**, pp. 377–411.
18. Suppes, P and J. L. Zinnes (1963) Basic Measurement Theory, in R. D. Luce, R. R. Bush, E. Galanter, Eds. *Handbook of Mathematical Psychology*, 1.
19. Thurston, L. L. (1927) A Law of Comparative Judgment, *Psychol. Rev.*, **34**, pp. 273–286.
20. Torgerson, W. S. (1958) *Theory and Methods of Scaling*, New York: Wiley.
21. Tucker, L. R. (1958) Determination of Parameters of a Functional Relation by Factor Analysis, *Psychometrika*, **23**, 1.

## К главе 4

1. Ackoff, Russell (1973) Science in the Systems Age: Beyond Industrial Engineering, Operations Research and Management Science, *Operations Research Journal*, 21, 3 pp.
2. Ackoff, Russell and Fred Emery (1968) *On Purposeful Systems*, Chicago: Aldine.
3. Allison, Graham (1971) *The Essence of Decision: Explaining the Cuban Missile Crisis*, Boston: Little Brown.
4. Bertalanffy, Ludwig von (1968) *General Systems Theory*, New York: Braziller.
5. Bertalanffy, Ludwig von (1950) The Theory of Open Systems In Physics and Biology, *Science*, 3, pp. 23–29.
6. Bryant, Stephens and Joseph Kearns (1982) Worker's Brains as Well as Their Bodies: Quality Circles in a Federal Facility, *Public Administration Review*, 42, 2, pp. 144–150.
7. Churchman, C. W. (1968) *The Systems Approach*, New York: Delacorte.
8. Churchman, C. W. (1979) *The Systems Approach and Its Enemies*, New York: Basic Books.
9. Dunn, William N. (1980) Reforms as Arguments, paper presented at the International Conference on the Political Realization of Social Science Knowledge and Research Vienna, Austria June 19–20.
10. Dunn, William N. (1982) Measuring Police Performance. On-going research Pittsburgh: University of Pittsburgh Center for Study of Knowledge Utilization.
11. Emery, Fred and Eric Trist (1965) The Causal Texture of Organizational Environments, *Human Relations*, 18, pp. 21–31.
12. Helmer, Olaf and Nicholas Rescher (1959) On the Epistemology of the Inexact Sciences, *Management Science*, 6, pp. 25–52.
13. Holznier, Burkhardt and John Marx (1978) *Knowledge Application: The Knowledge System in Society*, Boston: Allyn and Bacon.
14. Katz, D. and R. L. Kahn (1969) Common Characteristics of Open Systems, In Fred Emery (ed) *Systems Thinking*, New York: Penguin.
15. Kearns, K. P. (1984) Sociocognitive Networks and Local Government Innovation, Ph.D. Thesis. University of Pittsburgh, 1984.
16. Lawrence, Paul and Jay Lorsch (1969) *Organization and Environment*, Homewood IL: Richard D. Irwin Inc.
17. Mesarovic, M. D., D. Macko and Y. Takahara (1970) *Theory of Hierarchical, Multi-level Systems*, New York: Academic Press.
18. Mintzberg, Henry, D. Raisinhan and Andre Theorit (1976) The Structure of "Unstructural" Decision Processes *Administrative Science Quarterly*, 21, pp. 247–275.
19. Monod, Jaques (1971) *Chance and Necessity*, New York: Random House.
20. Patton, Michael Quinn (1978) *Utilization Focused Evaluation*, Beverly Hills: Sage.
21. Piaget Jean (1970) *Structuralism* New York: Harper.
22. Rein, Martin (1977) *Social Science and Public Policy*, New York: Penguin.
23. Rosener, J. David (1979) Federal Technology Policy: Innovation and Problem Solving in State and Local Government, *Policy Analysis*, pp. 181–200.
24. Rossi, Robert and Kevin Gilmartin (1981) Information Exchange Among Public Agencies in Three California Counties, *Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization*, 2, 3, pp. 413–436.
25. Simon, Herbert A. (1956) Rational Choice and the Structure of the Environment, *Psychological Review*, 63, pp. 129–158.
26. Sommerhoff, G. (1969) The Abstract Characteristics of Living Systems, in Fred Emery (ed) *Systems Thinking*, New York: Penguin.
27. Sutherland, J. W. (1978) *Societal Systems: Methodology, Modelling and Management*, New York: North Holland.
28. Thom, R. (1972) *Stabilite Structurale et Morphogenese*, New York: Benjamin.

## К главе 5

1. Ackoff, Russell (1974) *Redesigning the Future: A Systems Approach to Societal Problems*, New York: John Wiley.
2. Ackoff, Russell (1978) *The Art of Problem Solving*, New York: John Wiley.

3. Adelson, Marvin, Alkin, Marvin, Corey, Charles and Olaf Helmer, (1967) Planning Education for the Future, *American Behavioral Scientist*, 10, No. 7, pp. 1–30.
4. Arrow, Kenneth (1951) Alternative Approaches to the Theory of Choice in Risk Taking Situations, *Econometrica*, 19, pp. 404–437.
5. Baird, Bruce (1978) *Introduction to Decision Analysis*, North Scituate: Duxbury Press.
6. Bolan, Richard S. (1969) Community Decision Behavior: The Culture of Planning, *Journal of American Institute of Planners*, 35, 5, pp. 301–310.
7. Campbell, Donald T. and Julian Stanley (1971) *Experimental and Quasi-Experimental Design*, Chicago: Rand-McNally.
8. Caplan, Nathan (1979) The Two Communities Theory and Knowledge Utilization, *American Behavioral Scientist*, 22, 3, pp. 459–470.
9. Churchman, C. West (1971) *The Design of Inquiring Systems*, New York: Basic Books.
10. Dalkey, N. C. (1969) The Delphi Method: An Experimental Study of Group Opinion, Rand RM-5888-PR.
11. Davidoff, Paul and Thomas H. Reiner (1962) A Choice Theory of Planning, *Journal of the American Institute of Planners*, 28, 2, pp. 103–115.
12. Diesing, Paul (1962) *Reason in Society*, Urbana: University of Illinois Press.
13. Dror, Yehezkel (1963) The Planning Process: A Facet Design, *International Review of Administrative Sciences*, 29, 1, pp. 46–58.
14. Dunn, William N. (1981) *Public Policy Analysis*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
15. Edwards, Ward (1971) Social Utilities, *The Engineering Economist*, Summer Symposium Series, 6.
16. Enzer, Selwyn (1970) Delphi and Cross Impact Techniques: An Effective Combination for Systematic Futures Analysis, Institute for the Future, WP-8.
17. Etzioni, Amitai (1967) Mixed Scanning: A Third Approach to Decision Making, *Public Administration Review*, 27, (December) pp. 385–392.
18. Farquhar, Peter, (1980) Advances in Multiattribute Utility Theory, *Theory and Decision*, 12, pp. 381–394.
19. Faludi, Andreas (ed) (1973) *A Reader in Planning Theory*, New York: Pergamon Press.
20. Forrester, Jay (1969) *Urban Dynamics*, Cambridge: MIT Press.
21. Frohock, Fred (1979) *Public Policy: Scope and Logic*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
22. Gardiner, Peter and Ward Edwards (1975) Public Value: Multi-Attribute Utility Measurement for Social Decision Making, in *Human Judgment and Decision Processes* Steven Schwartz and Martin Kaplan (eds) New York: Academic Press.
23. Geertz, Clifford (1975) Common Sense as a Cultural System, *Antioch Review*, 33, 1, pp. 5–27.
24. Glaser, Edward (1981) Knowledge Transfer Strategies, paper presented at Conference on Knowledge Use, Pittsburgh, PA (March 18–20).
25. Gordon, T. J. and H. Hayward (1968) Initial Experiments with the Cross Impact Matrix Method of Forecasting, *Futures*, 1, 2, p. 101.
26. Greenburger, Martin, Crenson, Mathew and Brian Crissey (1976) *Models in the Policy Process*, New York: Russell Sage.
27. Guttentag, Marcia and Elmer Struening (eds) (1975) *Handbook of Evaluation Research*, Beverly Hills: Sage.
28. Hammond, Kenneth and Leonard Alderman (1978) Science, Values and Human Judgment, in *Judgment and Decision in Public Policy Formation* Kenneth Hammond (ed) Boulder: Westview.
29. Hammond, Kenneth and Jeryl Mumpower (1979) Formation of Social Policy: Risks and Safeguards, *Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization*, 1, No. 2, pp. 245–258.
30. Helmer, Olaf (1969) *Analysis of the Future: The Delphi Method*, Santa Monica: Rand Corporation.
31. Helmer, Olaf and Nicholas Rescher (1959) On the Epistemology of the Inexact Sciences, *Management Science*, 6, pp. 25–52.
32. Hudson, Barclay (1979) Comparison of Current Planning Theories, *Journal of the American Planning Association*, 45 (October) pp. 387–398.
33. Jones, Charles O. (1977) *An Introduction to the Study of Public Policy* (2nd edition), North Scituate: Duxbury Press.
34. Keeney, R. L. (1972) Utility Functions for Multi-Attribute Consequences, *Management Science*, 18, pp. 276–287.
35. Lane, Robert (1966) The Decline of Politics and Ideology in a Knowledgeable Society, *American Journal of Sociology*, 31, pp. 657–658.
36. Laudan, Larry (1977) *Progress and its Problems*, Berkeley: University of California Press.
37. Lindblom, Charles E. (1959) The Science of Muddling Through, *Public Administration Review*, 19, 2, pp. 79–89.

38. Linstone, Harold and Murray Turoff (eds) (1975) *The Delphi Method*, New York: Addison-Wesley.
39. Mintzberg, Henry, Raisenghani, Duru, and Andre Theoret (1976) The Structure of "Unstructured" Decision Process, *Administrative Science Quarterly*, 21, pp. 246–275.
40. Mitroff, Ian and Francisco Sagasti (1973) Epistemology as General Systems Theory, *Philosophy of the Social Sciences*, 3, pp. 117–134.
41. Mitroff, Ian and James Emshoff (1979) On Strategic Assumptions Making: A Dialectical Approach to Policy Planning *Academy of Management Review* 4.
42. Mumpower, Jeryl, Viers, Val and Kenneth Hammond (1979) Scientific Information, Social Values and Policy Formation, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. SMC-9, No. 9, pp. 464–478.
43. Nagel, Stuart and Marion Neef (1979) *Policy Analysis in Social Science Research*, Beverly Hills: Sage.
44. Pill, Juri (1971) The Delphi Method: Substance, Context, a Critique and Annotated Bibliography, *Socio-economic Planning Science* 5, pp. 57–71.
45. Pressman, Jeffrey and Aaron Wildavsky (1973) *Implementation* Berkeley: University of California Press.
46. Raiffa, Howard (1969) Preferences for Multiattribute Alternatives Memorandum RM-5968-DOT/RC Santa Monica: Rand Corporation.
47. Rapaport, Anatol (1974) *Fights, Games and Debates* Ann Arbor: University of Michigan Press.
48. Rescher, Nicholas (1977) *Dialectics: A Controversy Oriented Approach to the Theory of Knowledge*, Albany: State University of New York Press.
49. Schutz, Alfred (1966) *Collected Papers Volume 2*, New York: McMillan.
50. Simon, Herbert A. (1957) *Administrative Behavior*, New York: McMillan.
51. Sundquist, James (1978) Research Brokerage: The Weak Link, in *Knowledge and Policy: The Uncertain Connection* Lawrence Lynn (ed) Washington: National Academy of Science.
52. Sztompka, Piotr (1979) *Sociological Dilemmas: Toward a Dialectical Paradigm*, New York: Academic Press.
53. Turoff, Murray, (1970) The Design of a Policy Delphi, *Technological Forecasting and Social Change*, 2, No. 2, pp. 149–171.
54. Weaver, Warren (1948) Science and Complexity, *American Scientist*, 36, pp. 536–544.
55. Wildavsky, Aaron (1966) The Political Economy of Efficiency, Cost-Benefit Analysis and Program Budgeting, *Public Administration Review*, 26, pp. 292–310.
56. Wildavsky, Aaron (1973) If Planning is Everything, Maybe It's Nothing, *Policy Science*, 4, pp. 127–153.

## К главе 6

1. Emshoff, James and Thomas Saaty (1982) Applications of the Analytic Hierarchy Process to Long Range Planning Processes, *European Journal of Operations Research*, 10, 131–143.
2. Saaty, Thomas L. and Paul C. Rogers (1976) Higher Education in the United States (1985–2000): Scenario Construction Using a Hierarchical Framework with Eigenvector Weighting, *Socio-Economic Planning Sciences*, 10, pp. 251–263.
3. Bates, Donald and David Eldredge (1980) *Strategy and Policy: Analysis, Formulation and Implementation*, Dubuque: Brown.
4. Brown, George E. (1981) The Uses of History in Policy Analysis and Strategic Planning, *Technological Forecasting and Social Change*, 20: 365–368.
5. Bryant, Coralic and Louise White (1975) The Calculus of Competing Goals: Planning, Participation and Social Change, *Growth and Change*, 6: 38–43.
6. Davidoff, Paul (1965) Advocacy and Pluralism in Planning, *Journal of the American Institute of Planners*, 31: 331–338.
7. Davidoff, Paul and Thomas Reiner (1962) A Choice of Theory of Planning, *Journal of the American Institute of Planners*, 28: 331–338.
8. Emshoff, James, Ian Mitroff and Ralph Kilmann (1978) The Role of Ideolization in Long Range Planning: An Essay on the Logical and Social Emotional Aspects of Planning, *Technological Forecasting and Social Change*, 11: 335–348.
9. Epstein, I. and T. Tripodi (1977) *Research Techniques for Program Planning, Monitoring and Evaluation*, New York: Columbia University Press.

10. Goehrlert, Robert (1983) *Policy Studies on Planning: A Selected Bibliography*, Monticello: Vance.
11. King, William and David Cleland (1978) *Strategic Planning and Policy*, New York: Von Nostrand Reinhold.
12. Mackett, R. L. (1976) Hierarchical Planning Relationships, Consistency, and Indicators in the Planning Process, *Socio-Economic Planning Sciences*, 10: 1144–1155.
13. Mandell, Marvin, et al. (1982) Making Planning More Responsive to Its Users: The Concept of Meta-Planning. *Environment and Planning*, 14.
14. Mason, Richard O. and Ian Mitroff (1981) *Challenging Strategic Planning Assumptions*, New York: John Wiley.
15. McAllister, D. W. et al. (1979) Contingency Model for the Selection of Decision Strategies, *Organizational Behavior and Human Performance*, 24: 228–244.
16. Moskow, Michael H. (1978) *Strategic Planning in Business and Government*, New York: Committee for Economic Development.
17. Nagler, T. H. (1979) Organizing for Strategic Planning, *Managerial Planning*, 28: 3–9.
18. Norman, O. Gene (1980) *Business Policy and Business Strategy: A Selected Bibliography*, Monticello: Vance.
19. Rittel, Horst and Melvin Webber (1973) Dilemmas in a General Theory of Planning, *Policy Sciences*, 4: 155–169.
20. Steiner, George A. (1979) *Strategic Planning, What Every Manager Must Know*, New York: Free Press.
21. Wildavsky, Aaron (1973) If Planning is Everything, Maybe It's Nothing, *Policy Sciences*, 4: 127–153.

#### К главе 7

1. Gass, S. I. (1975) *Linear Programming*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York.
2. Marglin, Stephen A. (1967) *Public Investment Criteria: Benefit-Cost Analysis for Planned Economic Growth*, MIT Press: Cambridge, MA.
3. Saaty, Thomas L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill: New York.
4. Saaty, Thomas L. (1977) The Sudan Transport Study, *Interfaces*, 8, No. 1, pp. 37–57.
5. Saaty, Thomas L. and Mariano (January 1979) Rationing Energy to Industries: Priorities and Input-Output Dependence, *Energy Systems and Policy*, 8, pp. 85–111.
6. Saaty, Thomas L. and Luis G. Vargas (1979) A Note on Estimating Technological Coefficients by Hierarchical Measurement, *Socio-Economic Planning Science*, 13, pp. 333–336.
7. Shepard, R. N. (1962) The Analysis of Proximities: Multidimensional Scaling with an Unknown Distance Function, *Psychometrika*, 27.
8. Wind, Yoram and Thomas L. Saaty (July 1980) Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, 26, pp. 641–658.
9. Anderson, Lee G. (1977) *Benefit-Cost Analysis: A Practical Guide*, Lexington: Lexington Books.
10. Dantzig, George (1963) *Linear Programming and Extensions*, Princeton: Princeton University Press.
11. Gramlich, Edward M. (1981) *Benefit-Cost Analysis of Government Programs*, Englewood Cliffs: Prentice Hall.
12. Marglin, Stephen A. (1967) *Public Investment Criteria: Benefit-Cost Analysis for Planned Economic Growth*, Cambridge: MIT Press.
13. Mishan, Edward J. (1982) *Cost-Benefit Analysis: An Informal Introduction*, Boston: G. Allen and Unwin.
14. Oxenfeldt, Alfred R. (1979) *Cost-Benefit Analysis for Executive Decision Making: The Danger of Plain Common Sense*, New York: AMACON.
15. Vance, May (1982) *Cost-Benefit Analysis: A Book List*, Monticello: Vance Bibliographies.

## СПИСОК РАБОТ, ПЕРЕВЕДЕННЫХ НА РУССКИЙ ЯЗЫК

- 1.3, 2.6. **Боулдинг К.** Общая теория систем — скелет науки // Исследования по общей теории систем/Под ред. В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина.— М.: Прогресс, 1969.—325 с.
- 1.4, 2.5. **Проблемы** методологии системного исследования/И. В. Блауберг, В. Н. Садовский, Е. Г. Юдин и др.— М.: Мысль, 1970.—435 с.
- 1.5, 2.7. **Черчмен У., Акофф Р., Арноф Л.** Введение в исследование операций.— М.: Наука, 1968.—486 с.
- 1.16, 2.13. **Винер Н.** Кибернетика или управление и связь в животном и машине.— 2-е изд.— М.: Сов. радио, 1968.—216 с.
- 1.19. **Акофф Р., Эмери Ф.** О целеустремленных системах.— М.: Сов. радио, 1974.—272 с.
- 1.20. **Росс Эшби У.** Введение в кибернетику.— М.: ИЛ, 1959.—432 с.
- 4.17. **Месарович М., Мако Д., Такахара И.** Теория иерархических многоуровневых систем.— М.: Мир, 1973.—344 с.
- 5.20. **Форрестер Д.** Динамика развития города.— М.: Прогресс, 1974.—287 с.
- 6.11. **Кинг У., Клиланд Д.** Стратегическое планирование и хозяйственная политика.— М.: Прогресс, 1982.—398 с.
- 7.1. **Гасс С.** Линейное программирование, методы и приложения.— М.: Физматгиз, 1961.—303 с.
- 7.10. **Данциг Д.** Линейное программирование.— М.: Прогресс, 1966.—600 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к русскому изданию .....	5
Предисловие .....	8
<b>ЧАСТЬ I. СИСТЕМЫ И СЛОЖНОСТЬ .....</b>	<b>10</b>
<b>Глава 1. Сложность .....</b>	<b>10</b>
1.1. Введение .....	10
1.2. Сложность .....	11
1.3. Примеры сложных проблем .....	13
1.4. Потребность в более широком взгляде на мир .....	15
<b>Глава 2. Системы .....</b>	<b>16</b>
2.1. Обоснование системного мышления .....	16
2.2. Каузальное объяснение — как работает редукционизм .....	18
2.3. Прошлое и настоящее теории системы .....	20
2.4. Концептуальная ценность теории систем .....	22
<b>Глава 3. Метод анализа иерархий .....</b>	<b>23</b>
3.1. Введение .....	23
3.2. Принцип идентичности и декомпозиции .....	24
3.3. Принцип дискриминации и сравнительных суждений .....	27
3.4. Синтез приоритетов .....	36
3.5. Краткое изложение этапов МАИ .....	43
3.6. Иерархии как воспроизведение сложности .....	45
3.7. Обоснование шкалы 1—9 .....	49
3.8. Групповые и изменяющиеся суждения .....	52
3.9. Измерение качества .....	52
3.10. Дополнительные приложения МАИ .....	53
3.11. Замечания по зависимости .....	59



3.12. Сравнение с другими методами .....	63
3.13. Заключение .....	67
<b>Глава 4. Свойства систем и метод анализа иерархий .....</b>	<b>69</b>
4.1. Введение .....	69
4.2. Назначение .....	69
4.3. Функции .....	76
4.4. Потоки .....	77
4.5. Структуры .....	79
4.6. Характеристика открытых систем .....	82
4.7. Предпосылки эффективной системной методологии .....	89
4.8. Предмет системных исследований: построение и управление .....	90
4.9. О построении адаптивных систем .....	94
<b>ЧАСТЬ II. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ .....</b>	<b>96</b>
<b>Глава 5. Современные теории планирования .....</b>	<b>97</b>
5.1. Введение: планировать или не планировать? .....	97
5.2. Различные взгляды на планирование .....	98
5.3. Определение планирования .....	104
5.4. Философии планирования .....	108
5.5. Заключение .....	140
<b>Глава 6. Стратегическое планирование .....</b>	<b>141</b>
6.1. Введение .....	141
6.2. Процесс планирования .....	143
6.3. Прямой и обратный процессы планирования .....	144
6.4. Обоснование прямого и обратного процессов планирования .....	145
6.5. Объединение прямого и обратного процессов .....	146
6.6. Краткое изложение анализа в прямом и обратном направлениях .....	149
6.7. Пример планирования в прямом направлении: развитие высшего образования в США (1985—2000 гг.) .....	151
6.8. Пример планирования в обратном направлении с выбором программы и распределением ресурсов для коммерческой энергоустановки .....	162
6.9. Планирование в прямом и обратном направлениях для производителя потребительской продукции .....	166
6.10. Риск и неопределенность .....	178
6.11. Перспективы использования синтетического топлива для транспорта .....	181
6.12. Заключение .....	189
<b>Глава 7. Анализ «стоимость — эффективность» и распределение ресурсов .....</b>	<b>191</b>
7.1. Введение .....	191
7.2. Анализ «стоимость — эффективность»: традиционный подход и подход, основанный на МАИ .....	192
7.3. Распределение ресурсов .....	200
7.4. Заключение .....	213
Список литературы .....	215
Список работ, переведенных на русский язык .....	223

