

# ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Том 1

УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ ДЛЯ БАКАЛАВРИАТА И МАГИСТРАТУРЫ

Под редакцией доктора экономических наук,  
профессора **В. Г. Халина**

*Рекомендовано Учебно–методическим отделом высшего образования  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по экономическим направлениям и специальностям*

Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)

Москва ■ Юрайт ■ 2016

УДК 519.816(075.8)

ББК 22.18я73

Т33

**Ответственный редактор:**

**Халин Владимир Георгиевич** — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных систем в экономике экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации.

**Рецензенты:**

**Волкова В. Н.** — профессор, доктор экономических наук, профессор кафедры системного анализа и управления Института информационных технологий и управления Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Петра Великого, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

**Первухин Д. А.** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой системного анализа и управления Национального минерально-сырьевого университета «Горный».

Т33 Теория принятия решений. В 2 т. Т. 1 : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / под ред. В. Г. Халина. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 250 с. — Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс.

ISBN 978-5-9916-6964-1 (т. 1)

ISBN 978-5-9916-6077-8

Содержанием данного двухтомного издания является раскрытие основных теоретических вопросов, связанных с процессом принятия решений, а также демонстрация применения фундаментальных, базовых понятий теории принятия решений на практике. Первый том учебника посвящен раскрытию методологических и математических основ принятия решений.

Содержание учебника соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

*Для студентов, аспирантов и преподавателей экономических вузов, практических работников и специалистов, изучающих теоретические, концептуальные и практические вопросы принятия управленческих решений, а также создания и функционирования систем поддержки принятия решений.*

УДК 519.816(075.8)

ББК 22.18я73



*Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».*

ISBN 978-5-9916-6964-1 (т. 1)  
ISBN 978-5-9916-6077-8

© Коллектив авторов, 2015  
© ООО «Издательство Юрайт», 2016

# Оглавление

Авторский коллектив .....	6
Предисловие .....	7

## Раздел I МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

<b>Глава 1. Основные понятия и определения .....</b>	<b>15</b>
1.1. Понятие системы .....	15
1.2. Управленческое решение как элемент управления системой .....	22
1.3. Построение управленческого решения на основе его жизненного цикла.....	24
<i>Резюме</i> .....	37
<i>Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы</i> .....	38
<i>Темы рефератов и докладов</i> .....	38
<i>Рекомендуемая литература</i> .....	39
<b>Глава 2. Особенности процесса принятия решений.....</b>	<b>40</b>
2.1. Модели и концепции принятия решений.....	40
2.2. Стратегии принятия решений.....	44
2.3. Психологические аспекты принятия решений .....	49
2.4. Психологические феномены.....	55
<i>Резюме</i> .....	61
<i>Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы</i> .....	62
<i>Темы рефератов и докладов</i> .....	62
<i>Рекомендуемая литература</i> .....	62
<b>Глава 3. Влияние специфики управления на формирование управленческих решений .....</b>	<b>64</b>
3.1. Факторы, определяющие специфику исследуемой управляемой системы и оказывающие влияние на другие параметры управления .....	65
3.2. Факторы формирования цели лица, принимающего решение .....	69
3.3. Факторы, определяемые спецификой процедуры формирования управленческого решения .....	80
3.4. Полезная информация и рекомендации по построению управленческого решения .....	85
<i>Резюме</i> .....	96
<i>Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы</i> .....	97
<i>Темы рефератов и докладов</i> .....	97
<i>Рекомендуемая литература</i> .....	98
<b>Глава 4. Информационные системы поддержки принятия решений .....</b>	<b>99</b>
4.1. Структура принятия решений в организации.....	99
4.2. Данные, информация, знания и решения .....	101
4.3. Регулирование по принципу обратной связи .....	102
4.4. Уровни и функции информационных систем .....	103
4.5. Классы задач, решаемых информационными системами.....	106
4.6. Типы информации и категории информационных систем.....	107

4.7. Системы обработки транзакций и работы со знаниями.....	110
4.8. Системы автоматизации офиса.....	110
4.9. Информационные системы менеджмента.....	111
4.10. Информационные системы поддержки принятия решений.....	112
4.11. Основные характеристики, состав ИСППР и решаемые ими задачи.....	113
4.12. Информационные системы поддержки деятельности руководителя.....	121
<i>Резюме.....</i>	<i>123</i>
<i>Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы.....</i>	<i>124</i>
<i>Темы рефератов и докладов.....</i>	<i>125</i>
<i>Рекомендуемая литература.....</i>	<i>125</i>
<b>Глава 5. Системы поддержки принятия решений: методологические аспекты...126</b>	
5.1. Общие вопросы создания СППР.....	126
5.2. Методологические аспекты создания СППР.....	130
<i>Резюме.....</i>	<i>138</i>
<i>Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы.....</i>	<i>139</i>
<i>Темы рефератов и докладов.....</i>	<i>139</i>
<i>Рекомендуемая литература.....</i>	<i>140</i>

## Раздел II МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

<b>Глава 6. Общая постановка задачи принятия решения.....145</b>	
6.1. Теория принятия решений, исследование операций, системный анализ и их взаимосвязь.....	145
6.2. Математическая теория измерений: основные определения и понятия; признак, показатель, критерий.....	149
6.3. Шкалы в теории измерений.....	152
6.4. Математическая модель проблемной ситуации.....	155
6.5. Классификация задач принятия решений.....	172
<i>Резюме.....</i>	<i>176</i>
<i>Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы.....</i>	<i>178</i>
<i>Темы рефератов и докладов.....</i>	<i>178</i>
<i>Рекомендуемая литература.....</i>	<i>179</i>
<b>Глава 7. Моделирование предпочтений.....180</b>	
7.1. Математическая модель предпочтений в задачах принятия решений.....	180
7.2. Бинарные отношения.....	182
7.3. Функция полезности.....	186
7.4. Способы задания функций выбора.....	187
7.5. Описание математической модели предпочтений в условиях вероятностной неопределенности.....	189
7.6. Построение бинарных отношений предпочтения на множестве вероятностных распределений.....	190
7.7. Построение функций полезности в условиях вероятностной неопределенности.....	192
7.8. Построение функций риска в ЗПР в условиях вероятностной неопределенности.....	194
7.9. Решающие правила в ЗПР в условиях вероятностной неопределенности...195	
7.10. Пример ЗПР в условиях вероятностной неопределенности.....	196
<i>Резюме.....</i>	<i>198</i>
<i>Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы.....</i>	<i>199</i>
<i>Темы рефератов и докладов.....</i>	<i>199</i>
<i>Рекомендуемая литература.....</i>	<i>200</i>

<b>Глава 8. Многокритериальные модели предпочтений .....</b>	<b>201</b>
8.1. Математическая модель многокритериальной задачи принятия решений.....	201
8.2. Формирование множества критериев.....	204
8.3. Построение отношений предпочтения для многокритериальной ЗПР .....	204
8.4. Обобщенный критерий и кривые безразличия .....	206
8.5. Аддитивные функции полезности.....	209
<i>Резюме.....</i>	<i>212</i>
<i>Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы.....</i>	<i>212</i>
<i>Темы рефератов и докладов .....</i>	<i>213</i>
<i>Рекомендуемая литература .....</i>	<i>213</i>
<b>Глава 9. Оптимальность по Парето .....</b>	<b>214</b>
9.1. Доминирование по Парето.....	214
9.2. Парето-оптимальные (эффективные) векторные оценки и варианты, их свойства .....	217
9.3. Особенности структуры множества Парето – Эджворта; угол предпочтения и геометрическая интерпретация .....	222
9.4. Метод «стоимость – эффективность» .....	226
9.5. Условия Парето-оптимальности.....	229
9.6. Построение и аппроксимация множества Парето – Эджворта .....	231
<i>Резюме.....</i>	<i>238</i>
<i>Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы.....</i>	<i>238</i>
<i>Темы рефератов и докладов .....</i>	<i>240</i>
<i>Рекомендуемая литература .....</i>	<i>240</i>
<b>Ответы на вопросы и задания.....</b>	<b>242</b>

## Авторский коллектив

**Аксенова Ольга Анатольевна**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры гидромеханики математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета — гл. 9;

**Войтенко Сергей Семенович**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных систем в экономике экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета — гл. 4;

**Гадасина Людмила Викторовна**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных систем в экономике экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета — гл. 6, параграф 6.4 (совместно с Халиным В. Г.), гл. 7, гл. 8, параграф 8.1 (совместно с Халиным В. Г.), гл. 8, параграфы 8.2—8.5;

**Забосв Михаил Валерьевич**, кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем в экономике экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета — гл. 6, параграфы 6.1—6.3;

**Халин Владимир Георгиевич**, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных систем в экономике экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации — предисловие (совместно с Черновой Г. В.), гл. 1, гл. 3 (совместно с Черновой Г. В.), гл. 5 (совместно с Черновой Г. В., Юрковым А. В.), гл. 6, параграф 6.4 (совместно с Гадасиной Л. В.), гл. 6, параграф 6.5 (совместно с Черновой Г. В.), гл. 8, параграф 8.1 (совместно с Гадасиной Л. В.);

**Чернова Галина Васильевна**, доктор экономических наук, профессор кафедры управления рисками и страхования экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации — предисловие (совместно с Халиным В. Г.), гл. 2, гл. 3 (совместно с Халиным В. Г.), гл. 5 (совместно с Халиным В. Г., Юрковым А. В.), гл. 6, параграф 6.5 (совместно с Халиным В. Г.);

**Юрков Александр Васильевич**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры информационных систем в экономике экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета — гл. 5 (совместно с Черновой Г. В., Халиным В. Г.).

# Предисловие

Высокие требования, предъявляемые к содержанию принимаемых решений, в первую очередь, управленческих, обуславливают необходимость углубленного изучения теоретических вопросов, связанных с принятием решений. Комплексность и сложность задач, возникающих в управленческой деятельности любого уровня, обуславливает необходимость изучения и анализа методологического, информационного и программного аспектов процессов принятия решений.

Содержанием данного двухтомного учебника является раскрытие основных теоретических вопросов, связанных с названными аспектами процессов принятия решений, а также демонстрация применения фундаментальных, базовых понятий теории принятия решения на практике.

Содержание первого тома учебника посвящено раскрытию методологических и математических основ принятия решений.

**Раздел I** первого тома учебника посвящен рассмотрению методологических основ принятия решений.

В *гл. 1* определены такие основные понятия, как «система» и «управленческое решение», а также другие базовые термины и определения, связанные с ними. Раскрыто положение «оптимальное состояние системы» и определены варианты перевода системы в это состояние; показано, в каком случае система становится объектом управления и что собою представляют статические, динамические, технические и социально-экономические системы. В главе сформулировано понятие жизненного цикла управленческого решения как совокупности последовательно реализуемых этапов, каждый из которых имеет свою цель и содержание, однако и цели, и содержание каждого из этих этапов, хотя и носят самостоятельный характер, подчинены общей цели построения и реализации данного управленческого решения. В главе раскрыто содержание этапов жизненного цикла отдельного управленческого решения.

*Глава 2* посвящена рассмотрению нормативных и дескриптивных моделей принятия решений. В частности, в ней определены условия и особенности их использования при формировании управленческих решений, показаны возможности реализации в их рамках разных концепций принятия решения. Также в главе уделено внимание стратегии принятия решения как совокупности правил и действий по отбору окончательного формируемого решения, определяемой содержанием концепции принятия решения, а также реализующими ее (концепцию) правилами предпочтения альтернатив и способами (методами) расчета критериальных оценок. Особо рассматриваются психологические аспекты принятия решений и их влияние на результаты формирования решений.

*Глава 3* раскрывает вопросы влияния особенностей управления на формирование управленческих решений. Так как отдельное управленческое

решение принимается в целях управления определенной системой, в главе рассмотрены и описаны факторы, определяющие специфику исследуемой управляемой системы, которые оказывают влияние на другие параметры управления. На формирование цели лица, принимающего решение, также могут оказывать влияние определенные факторы, которые рассмотрены в данной главе. В главе показано, что на формирование окончательно формируемого (выбираемого) управленческого решения может оказывать влияние и сама процедура принятия решения. Проведенный анализ всех групп названных факторов позволил не только выделить полезную для лица, принимающего решение (ЛПР), информацию, но и сформулировать определенные рекомендации по построению управленческого решения.

Главы 4 и 5 учебника раскрывают характеристики компьютерных систем, используемых при формировании и принятии решений. Глава 4 посвящена анализу содержания и возможностей различных компьютерных систем поддержки принятия решений, их соотношению и условиям применения. Раскрытие методологических аспектов создания систем поддержки принятия решений в гл. 5 позволяет сделать обоснованный выбор типа системы поддержки принятия решений (СППР), отвечающий целям и задачам создания СППР, т.е. отвечающий реальным потребностям пользователя.

В целом содержание глав разд. I учебника отражает методологические аспекты процесса принятия решений.

В разд. II первого тома учебника раскрываются математические основы принятия решений.

Глава 6 данного раздела становится своеобразным мостиком, связывающим методологические аспекты формирования управленческих решений с теми теоретическими математическими основами, которые используются в процессе принятия решений. В ней рассмотрено соотношение таких используемых при принятии решений базовых областей научного знания, как «теория принятия решений», «исследование операций» и «системный анализ». Глава посвящена рассмотрению важных методологических вопросов теории принятия решений, таких как проблемная ситуация, модель проблемной ситуации, множество допустимых и оптимальных управленческих решений, формальная модель задачи принятия решений (ЗПР), векторный критерий, отношение предпочтения, математическая модель ЗПР и др. Центральное место главы занимает рассмотрение математической модели проблемной ситуации принятия решений. Показано, что общая постановка задачи принятия решений при многих критериях включает в себя нахождение множества допустимых решений, построение векторного критерия, описание отношения предпочтений ЛПР, нахождение подмножества оптимальных управленческих решений на основе отношения предпочтения и векторного критерия, которые и отражают цели субъекта управления. В главе также раскрываются вопросы классификации задач и методов принятия решений.

Вопросам моделирования предпочтений посвящены соответственно гл. 7 и 8 данного раздела. Так, в гл. 7 представлена математическая модель предпочтений в ЗПР, раскрывается содержание понятий «бинарные отношения», «функция полезности», описываются способы задания функций выбора, содержание математической модели предпочтения в условиях

вероятностной неопределенности. Для этих же условий рассматриваются проблемы и порядок построения бинарных отношений, функций полезности, функций риска, раскрывается содержание решающих правил, приведен пример задачи принятия решений в условиях вероятностной неопределенности.

*Глава 8* посвящена рассмотрению многокритериальных моделей предпочтений. В ней представлена математическая модель многокритериальной задачи принятия решений, раскрываются вопросы формирования множества критериев, построения отношений предпочтения, обобщенного критерия и кривых безразличия, описываются особенности аддитивных функций полезности.

В *гл. 9* подробно раскрыт смысл оптимальности по Парето. В частности, для исключения заведомо неприемлемых альтернатив и сужения круга вариантов при выборе ЛПР обоснована необходимость построения множества Парето. Охарактеризованы свойства Парето-оптимальных векторных оценок, описаны особенности структуры множества Парето — Эджворта. При этом для задачи принятия решений по двум критериям эффективности дана упрощенная геометрическая интерпретация. В главе описано содержание метода «стоимость — эффективность» и условий Парето-оптимальности, раскрыт вопрос построения и аппроксимации множества Парето — Эджворта.

В целом содержание глав разд. II учебника содержит описание фундаментальных математических основ принятия решений.

К особенностям изложения материала данного учебника относится следующее.

Во-первых, содержание учебника в первую очередь посвящено рассмотрению наиболее сложных современных теоретических проблем принятия решений.

Во-вторых, логика изложения материала определила укрупненную структуру двухтомного учебника.

В-третьих, изложение материала предполагает выделение таких рубрик, как «Определение», «Обратите внимание», «Важно» и т.д.

В-четвертых, перед каждым разделом выделены вопросы, о которых студент должен иметь представление в результате изучения материала соответствующей главы.

В-пятых, каждый раздел работы содержит ключевые слова, используемые в ней, каждая глава заканчивается резюме (выводами), а также вопросами и заданиями для самоконтроля.

В-шестых, изложение проблем в учебнике идет с учетом не только российских, но и зарубежного опыта в этой области.

В-седьмых, авторы учебника имеют свои научные публикации по тематике учебника, поэтому он носит авторский характер.

В результате изучения данного курса студент должен:

**знать**

- фундаментальные основы принятия управленческих решений на основе анализа математических моделей ситуации, процесса принятия решения, его участников и этапов;
- многокритериальные модели предпочтений и содержательные примеры многокритериальных задач;

- основы теории важности критериев и решающие комбинаторные и алгебраические правила;

***уметь***

- находить организационно-управленческие решения и нести за них ответственность;

- применять математические методы принятия решений и инструментальные средства для исследования объектов профессиональной деятельности;

***владеть***

- навыками анализа многокритериальных задач поддержки принятия решений при разработке организационно-управленческих моделей реального бизнеса;

- способами оценки вариантов решений, методами анализа иерархий и моделирования предпочтений.

*Для студентов, аспирантов и преподавателей экономических вузов, практических работников и специалистов, изучающих теоретические, концептуальные и практические вопросы принятия управленческих решений, а также создания и функционирования систем поддержки принятия решений.*

Раздел I

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**



---

В результате изучения данного раздела студент должен:

**знать**

- подходы к определению понятия «система»;
- что собою представляет «состояние системы» и чем оно описывается;
- о жизненном цикле управленческого решения и его использовании при построении управленческого решения;
- модели принятия решений;
- стратегию принятия решений в дескриптивных моделях;
- влияние психологических аспектов поведения человека;
- подходы к формированию процедуры построения управленческого решения;
- иерархическую структуру принятия решений в организации;
- взаимосвязь данных, информации, знаний и решения;
- уровни и функции информационных систем, уровни принятия решений;
- типы информации и категории информационных систем;
- виды информационных систем, классы задач;
- методологические аспекты создания систем поддержки принятия решений;

**уметь**

- различать варианты перевода исследуемой системы в оптимальное состояние;
- генерировать критерии, реализующие цели отдельного управленческого решения;
- различать нормативные и дескриптивные модели принятия решений;
- содержательно сформировать этапы построения управленческого решения на основе схемы его жизненного цикла;
- находить особенности исследуемой управляемой системы, определяющие содержание факторов, влияющих на процедуру построения отдельного управленческого решения;
- использовать данные, информацию и знания для принятия решений;
- выделять при принятии решений в организации уровни целеполагающего управления, функционального регулирования, информационного обеспечения, операционного исполнения и соответствующие им информационные системы поддержки;
- различать информационные системы по решаемым задачам и предназначению, в частности: системы поддержки деятельности руководителя, автоматизации офиса, работы со знаниями, обработки транзакций и другие;
- определять конкретное содержание основных методологических аспектов создания системы, которое и будет определять ее специфику;

**владеть**

- навыками построения сложных и простых управленческих решений;
- способами применения процедуры построения управленческого решения на основе схемы его жизненного цикла;
- методами применения процедуры построения управленческого решения, основанной на его жизненном цикле и учитывающей влияние факторов, обусловленных процессом управления;
- навыками отличать системы поддержки принятия решений от других информационных систем;

- методами распознавания уровней принятия решений и соответствующих им информационных систем поддержки;
  - способами наполнения необходимой информацией создаваемой системы поддержки принятия решений.
- 

### **Ключевые слова**

Система; состояние системы; управленческое решение; жизненный цикл управленческого решения; альтернативные управленческие решения; процедура принятия управленческого решения; кратковременная и долговременная память; нормативный и дескриптивный подходы; концепции максимальной полезности и ограниченной рациональности; стратегии принятия решений; феномен психологического поведения человека; система управления; управляемая система; временной горизонт; горизонт планирования; данные; информация; знания; информационная система; система поддержки принятия решений.

---

# Глава 1

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

### 1.1. Понятие системы

В настоящее время пока еще нет устоявшегося понятия «система», так как его содержание постепенно усложнялось и усложняется до сих пор.

Вначале под системой понимали только комплекс взаимодействующих элементов. Далее усложнение этого понятия пошло за счет включения в его содержание отношений или взаимосвязей между элементами, составляющими систему<sup>1</sup>. Позднее для более полного описания элементов системы и их взаимосвязей ввели еще один параметр, описывающий систему, – свойства или характеристики системы<sup>2</sup>. Р. А. Фатхутдинов описывал систему как совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом и с внешней средой и образующих определенную целостность, единство<sup>3</sup>.

Следующим эволюционным шагом наполнения содержания понятия «система» является введение в него такого параметра, как «цель создания или функционирования системы».

По мере конкретных потребностей использования этого понятия оно дополнялось необходимыми параметрами.

Сложившуюся ситуацию специалисты комментируют следующим образом.

- Отбор параметров, дополнительно описывающих понятие «система», связан со спецификой изучаемой ситуации, целями исследования, поэтому является субъективным и необязательным.

- Определение этого понятия может быть любым, но обязательно оно должно включать следующие определяющие его параметры: элементы системы, взаимосвязь элементов системы, характеристики (параметры, свойства), описывающие элементы системы и их взаимосвязь<sup>4</sup>, а также цель создания и (или) функционирования системы. Это особо важно при рассмотрении социально-экономических систем, где роль человеческого фактора при принятии управленческих решений очень значительна.

---

<sup>1</sup> Von Bertalanffy L. General System Theory [Электронный ресурс] // A Critical Review. «General Systems». 1962. Vol. VII. P. 1–20 / пер. Н. С. Юлиной. URL: <http://www.evolbiol.ru/bertalanfi.htm> (дата обращения 03.08.2015).

<sup>2</sup> См. например: Уемов А. И. Системный подход и общая теория систем [Электронный ресурс]. М. : Мысль. Редакция философской литературы, 1978. 290 с. URL: [http://publ.lib.ru/ARCHIVES/U/UEMOV\\_Avenir\\_Ivanovich/\\_Uemov\\_AI.html#010](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/U/UEMOV_Avenir_Ivanovich/_Uemov_AI.html#010) (дата обращения 03.08.2015).

<sup>3</sup> Фатхутдинов Р. А. Управленческие решения : учебник. 6-е изд., перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2009. С. 344.

<sup>4</sup> Между этими характеристиками тоже могут быть определенные связи и зависимости.

• Так как система создана и (или) функционирует для реализации определенной цели, для контроля за достижением цели, управления системой в случае необходимости возможным является наличие субъекта — *лица, принимающего решение* (ЛПР).

В тексте данного учебника используется следующее определение понятия системы.

#### **Определение**

|| Система есть совокупность взаимосвязанных элементов, обеспечивающих ее функционирование и направленных на достижение целей ее создания и (или) функционирования.

Совокупность элементов и их взаимосвязи, определяющие систему, могут быть представлены значениями соответствующих им характеристик. Множество значений этих характеристик на любой момент времени определяет состояние системы на конкретный момент времени.

#### **Обратите внимание!**

---

Состояние системы определяется перечнем и значениями характеристик (т.е. некоторым набором данных), описывающих элементы системы и их взаимосвязь.

---

Представленное определение системы исходит из того, что она представляет собою совокупность элементов, эти элементы взаимосвязаны между собой, элементы системы и их взаимосвязи описываются определенными характеристиками. Система создана и функционирует с целью реализации определенных целей.

Заметим, что речь идет, прежде всего, о целях ЛПР в отношении этой системы.

Состояние системы на любой момент времени представлено совокупностью значений характеристик, описывающих элементы системы и их взаимосвязи на этот момент времени.

Оценку достижения целей создания и (или) функционирования любой исследуемой системы проводит ЛПР. В том случае, если система не реализует своих целей, задачей ЛПР является разработка управленческого решения, направленного на достижение целей создания и (или) функционирования системы<sup>1</sup>.

Так как состояние системы определяется набором характеристик, описывающих состав системы и их взаимосвязи, достижение целей создания и (или) функционирования системы может осуществляться следующими вариантами:

- за счет изменения значений характеристик, описывающих данную систему. В этом случае система остается без изменений, меняется лишь ее состояние;
- за счет изменения набора самих элементов системы и (или) их взаимосвязей и соответствующих им характеристик. В этом случае первоначально исследуемая система становится преобразованной (измененной или уточненной).

---

<sup>1</sup> В данном учебнике понятие «система» применяется к следующим двум объектам — системе поддержки принятия решений и исследуемой системе.

1. *Изменение состояния системы* есть изменение значений характеристик, описывающих элементы системы и их взаимосвязь.
2. *Преобразование исследуемой системы* есть ее изменение за счет расширения или изменения состава элементов системы, и (или) их взаимосвязей и характеристик, используемых для их описания.
3. Достижение нового состояния системы возможно на основе изменения ее предыдущего состояния или на основе ее преобразования.

В том случае, когда исследуемая система не обеспечивает целей ее создания и (или) функционирования (с позиций ЛПР), она должна быть либо переведена в новое состояние, либо преобразована таким образом, чтобы поставленные цели были реализованы.

При этом необходимо иметь в виду, что перевод исследуемой системы в оптимальное состояние за счет изменения ее состояния или ее преобразования может быть итерационным и осуществляемым:

- неоднократным переводом системы из одного состояния в другое. При этом перевод системы из анализируемого состояния системы в последующее обусловлен неудовлетворительными результатами проверки достижимости целей создания и (или) функционирования системы в ее анализируемом состоянии. При этом очередное состояние системы, уже обеспечивающее реализацию поставленных целей создания и (или) функционирования системы, будет уже оптимальным;

- преобразованием системы, которое также может быть неоднократным. При этом очередное преобразование системы будет обусловлено неудовлетворительными результатами предыдущего преобразования, при которых цели создания и (или) функционирования системы не будут достигнуты. При этом очередное преобразование системы, обеспечивающее реализацию поставленных целей, будет уже оптимальным;

- совместным неоднократным преобразованием системы и неоднократным внутри преобразованной системы переводом системы из одного состояния в другое. При этом выбор очередного изменения состояния системы или ее преобразования обусловлен неудовлетворительными результатами предыдущего шага. И только в том случае, когда очередное состояние преобразованной системы будет обеспечивать реализацию целей ее создания и (или) функционирования, преобразованная система и соответствующее ей состояние будут уже оптимальными.

**Обратите внимание!**

Перевод системы в оптимальное состояние возможен за счет изменения ее состояния или за счет ее преобразования.

Необходимо различать вновь создаваемые и уже действующие, функционирующие системы. Создание новой системы обуславливает принятие и разработку управленческого решения, реализуемого на основе проекта по созданию этой новой системы. Оно предполагает, что создаваемая система сразу же будет отвечать ее оптимальному состоянию — такому, при котором значения характеристик, описывающих элементы системы и их взаимосвязь, будут обеспечивать реализацию целей ее создания.

## **Обратите внимание!**

Если исследуемая система является статической — значения характеристик, описывающих элементы системы и их взаимосвязь, должны быть постоянными, то потребность в управлении ею возникает в том случае, если по каким-то причинам значения характеристик, описывающих элементы системы и их взаимосвязь, становятся неудовлетворительными.

Если же исследуемая система является динамической, т.е. реализует некоторый протекающий во времени процесс, и значения характеристик, описывающих элементы системы и их взаимосвязь, меняются во времени, то потребность в управлении ею, т.е. потребность в переводе системы из неудовлетворительного состояния в оптимальное, обеспечивающее реализацию целей системы, возникает по мере протекания процесса всякий раз, как только какая-нибудь из характеристик, описывающих элементы системы и их взаимосвязь, становится неудовлетворительной, т.е. уже не отвечает реализации цели функционирования системы.

---

К числу систем, чаще всего являющихся объектом управления в повседневной жизни, относятся технические и социально-экономические системы.

Наиболее сложной из них с точки зрения управления является социально-экономическая система, имеющая следующую специфику.

Одним из образующих ее элементов является человек (группа людей), который может иметь свои интересы в отношении всей этой системы или ее подсистем, элементов системы, ее характеристик и параметров, описывающих состояние системы.

Эти интересы человека обусловлены его общественным и (или) экономическим статусом в обществе, и они определяют поведение человека, которое, в свою очередь, становится субъективным фактором, влияющим на поведение всей системы изнутри — со стороны ее элементов.

## **Обратите внимание!**

Одним из элементов социально-экономической системы является человек, который может иметь свои интересы, обусловленные его общественным и экономическим статусом.

Интересы человека определяют его поведение, которое становится субъективным фактором, влияющим на развитие самой системы изнутри.

---

Именно этот фактор — наличие в системе людей со своими интересами, должен учитываться при управлении социально-экономической системой.

Необходимо отметить, что и для технических систем присутствие человека зачастую имеет место. Но в отличие от социально-экономической системы он (человек) не является внутренним элементом системы, определяющим развитие технической системы изнутри. Он и его поведение могут влиять на функционирование такой технической системы, но только его деятельность является внешним фактором, влияющим на эту систему. Примером являются технические системы, функционирующие в автономном режиме. И хотя человек может вмешаться в работу такой системы, его вмешательство будет проявлением влияния на систему внешнего, а не внутреннего фактора, обусловленного природой самой системы.

Далее проведем обсуждение по поводу субъектов, принимающих решения в технических и социально-экономических системах.

Решение ЛПР в отношении объекта управления, являющегося элементом технической системы, является решением субъекта, не являющегося элементом этой системы. Что же касается ЛПР в отношении объекта управления социально-экономической системы, возможны две ситуации: субъект управления (ЛПР) либо является, либо не является элементом этой социально-экономической системы.

Любое знакомство с исследуемой системой со стороны лица, принимающего решение, начинается с изучения некоторой ситуации, сложившейся в конкретной предметной области, к которой относится и сама исследуемая система.

Термин «ситуация» обычно используется в двух вариантах:

- как широкое понятие, содержанием которого является описание среды, в которой находится или оказывается исследуемая система;
- как конкретное понятие, содержание которого оказывает влияние на решение ЛПР о ее сохранении, улучшении или изменении.

В том случае, если объектом исследования является система, обычно используется первый вариант применения этого термина.

Оценка ситуации ЛПР сводится к оценке того, как в сложившейся конкретной ситуации исследуемая система реализует цели ее создания и (или) функционирования. Если все идет нормально, т.е. система отвечает поставленным целям, изменения ситуации не требуется и, как следствие, не требуется перевода системы в новое состояние, так как она уже находится в оптимальном состоянии.

В ином случае, когда по какой-либо причине цели создания и (или) функционирования не реализуются, ЛПР оценивает сложившуюся ситуацию как неудовлетворительную, требующую управления системой — перевода ее в оптимальное состояние.

Изменение ситуации, направленное на ее улучшение, возможно за счет управления исследуемой системой — ее перевода из одного состояния в другое на основе разработки, принятия и внедрения управленческих решений.

При этом на востребованность применения процедуры построения управленческого решения оказывают влияние следующие факторы.

- *Характеристика статичности системы.* Если система статическая, то в случае неудовлетворительной ситуации, когда система не реализует цели ее создания, управленческие решения связаны с переводом системы из одного состояния в другое. При этом, как только система достигает оптимального состояния, потребность в дальнейших управленческих решениях отпадает до момента появления новой неудовлетворительной ситуации. Если же система динамическая, необходимость применения процедуры построения управленческого решения возникает всякий раз, как только в функционировании системы складывается неудовлетворительная ситуация, когда она (система) уже не отвечает поставленным целям.

- *Вариант перевода системы в оптимальное состояние.* Если ситуация неудовлетворительная — система не реализует целей ее создания или функционирования, ЛПР может принимать разные решения. Это может быть последовательный перевод системы из одного состояния в другое до тех пор, пока система не попадет в оптимальное состояние. В этом случае востребованность процедуры построения управленческого решения будет

определяться конкретным числом переводов системы из одного состояния в другое. Но ЛПР может принимать решение и о преобразовании системы, когда дополнительно уточняется состав элементов системы и их взаимосвязи. При этом внутри каждого возможного преобразования системы также возможны простые переводы системы из одного состояния в другое, характеризующиеся тем, что перевод системы в новое состояние будет определяться изменением только значений характеристик, описывающих элементы системы и их взаимосвязи. В этом случае востребованность процедуры построения управленческого решения будет определяться числом как преобразований системы, так и переводов ее из одного состояния в другое.

Заметим, что в отношении исследуемой действующей системы возможно и следующее. Исследуемая система реализует цели ее создания, однако ЛПР считает, что ситуация может быть или должна быть улучшена. Это предполагает уточнение цели исследуемой действующей системы, в соответствии с которой и строится дальнейшее управление системой.

## 1.2. Управленческое решение как элемент управления системой

В своей обычной жизни, на работе, в быту отдельный человек, группа людей очень часто стоят перед необходимостью оценки сложившейся конкретной ситуации и, в случае необходимости, — принятия тех или иных решений, направленных на ее изменение. В этом контексте под *решением* подразумевается результат мыслительной деятельности человека, приводящий к какому-либо выводу и необходимости действий<sup>1</sup>.

В экономике, менеджменте и теории принятия решений основное внимание уделяется рассмотрению так называемых управленческих решений. Под *управленческим решением* обычно понимают результат анализа, прогнозирования, оптимизации, экономического обоснования и выбора альтернативы из множества вариантов достижения конкретной цели системы менеджмента<sup>2</sup>.

При этом термин «*Управленческое решение*» (далее УР) употребляется в двух основных значениях — как процесс и как явление. Как процесс УР — есть выполнение следующих основных процедур: информационной подготовки, разработки вариантов, согласования вариантов, выбора одного варианта, утверждения, реализации, контроля выполнения УР и информирования инициатора решения. Как явление УР — есть набор мероприятий, направленных на разрешение рассматриваемой экономической проблемы в форме постановления, приказа или распоряжения, данной в устном или письменном виде<sup>3</sup>.

С точки зрения теории принятия решений и управления социально-экономическими системами важно уточнить ряд следующих понятий и факторов, которые оказывают существенное влияние на процедуры разработки, принятия и реализации управленческих решений<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Смирнов Э. А. Управленческие решения : учеб. пособие. М. : ИНФРА-М, 2001. 264 с.

<sup>2</sup> См.: Фатхутдинов Р. А. Управленческие решения : учебник. 6-е изд. перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2009. 344 с.; Лапыгин Ю. Н. Управленческие решения : учеб. пособие. М. : Эксмо, 2009. 448 с.

<sup>3</sup> Смирнов Э. А. Указ. соч.

<sup>4</sup> Орлов А. И. Теория принятия решений : учеб. пособие. М. : Март, 2004.

**Цели.** Каждое УР направлено на достижение одной или нескольких целей, от точности формулировок которых существенно зависит качество и эффективность самого управленческого решения.

**Регламент принятия управленческого решения** — это утвержденный порядок разработки, принятия, утверждения и реализации УР.

**Ресурсы.** Каждое управленческое решение предполагает использование тех или иных материальных, кадровых, интеллектуальных, информационных или иных ресурсов. Правильная оценка требуемых ресурсов и их качества существенно влияет на эффективность реализации УР.

**Риски и неопределенности.** При анализе и оценке ситуации с точки зрения разработки управленческого решения существенным является учет факторов риска, неопределенности и неполноты информации.

**Методы и модели разработки решения.** В настоящее время при разработке УР широко используются экономико-математические модели и инструментальные средства, которые позволяют моделировать различные ситуации, просчитывать последствия тех или иных решений, прогнозировать развитие событий, что существенно влияет на их качество и эффективность.

**Критерии оценки решения.** Важным фактором выбора управленческого решения являются критерии оценки его эффективности.

**Методы контроля выполнения и оценки эффективности решений,** которые существенно влияют на итоговый анализ успешности реализации конкретного УР.

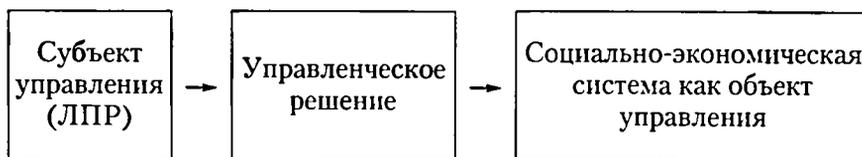
С учетом вышесказанного, в дальнейшем в тексте данного учебника будет использоваться следующее определение управленческого решения.

#### **Определение**

Под управленческим решением подразумевается результат анализа, прогнозирования, оптимизации, экономического обоснования и выбора альтернативы из множества вариантов достижения конкретной цели системы управления, который, как правило, включает следующие составляющие:

- субъект управления или инициатор решения — ЛПР;
- потребность в разработке, принятии и реализации решения;
- объект управления (управляемая система);
- цель принятия и разработки решения;
- целевая группа лиц, в интересах которых реализуется данное решение;
- предмет или содержание решения;
- ресурсы и исполнители решения;
- контроль за реализацией и оценка эффективности решения.

В общем случае для социально-экономических систем, в отношении которых осуществляется управление, можно выделить следующие три элемента, связанные с принятием и реализацией УР:



Целью воздействия ЛПР на управляемую социально-экономическую систему является обеспечение для нее состояния, отвечающего цели ее функционирования в большей степени, чем ее предыдущее состояние.

Случай, когда новое состояние системы достигается за счет только изменения ее предыдущего состояния, предполагает реализацию следующей последовательности действий:

- определение перечня и значений характеристик, описывающих состояние системы;
- выделение среди них тех, которые требуют изменения их значений таким образом, чтобы они обеспечивали переход управляемой системы в новое состояние, соответствующее сформулированной цели УР;
- формирование УР, направленного на изменение состояния системы, т.е. направленного на такое управление значениями характеристик системы, которое обеспечивает управляемой системе переход в состояние, соответствующее сформулированной цели управленческого решения.

Случай, когда новое состояние системы достигается за счет ее преобразования, предполагает реализацию следующей последовательности действий:

- уточнение состава элементов системы;
- уточнение взаимосвязей нового состава элементов;
- определение перечня и значений характеристик, описывающих преобразованную систему;
- выделение среди них тех характеристик, которые требуют изменения их значений таким образом, чтобы они обеспечивали системе новое состояние, соответствующее цели управленческого решения в большей степени, чем предыдущее;
- формирование УР, направленного на такое преобразование системы, которое обеспечивает управляемой системе новое состояние, в большей степени соответствующее цели УР.

Конечной целью изменения неудовлетворительного состояния системы является перевод ее в состояние, обеспечивающее реализацию целей создания и (или) функционирования системы. Это должно учитываться при построении всех управленческих решений, обеспечивающих последовательный многошаговый перевод системы из неудовлетворительного состояния в оптимальное. При этом цели управленческих решений, связанных с промежуточными переходами системы из одного состояния в другое при движении системы к оптимальному состоянию, должны соответствовать конечной цели создания всей системы.

### **1.3. Построение управленческого решения на основе его жизненного цикла**

Требования практики о разработке, принятии и внедрении УР в реальном масштабе времени приводят к тому, что для этих целей больше всего подходит определение УР как процесса. Тем не менее непосредственное использование для этих целей определения УР как процесса осложняется тем, что число конкретизированных процедур, направленных на его построение и внедрение, является достаточно большим. При этом не всегда понятно,

как названные процедуры увязаны между собой, какова последовательность их реализации, учитывающая их взаимосвязь.

Как показывает практика, разработка, принятие и реализация управленческих решений в любой сфере жизни — в производственно-хозяйственной деятельности, быту, общественной жизни и т.п., проходят в несколько временных этапов, каждый из которых характеризуется самостоятельной целью и особым содержанием, направленным на достижение этой цели. Именно поэтому вполне разумно ввести понятие «жизненного цикла (ЖЦ) управленческого решения».

### Определение

Под жизненным циклом отдельного управленческого решения будем понимать совокупность последовательно реализуемых этапов, каждый из которых имеет свою цель и содержание, однако цели и содержание каждого из этих этапов, хотя и носят самостоятельный характер, подчинены общей цели построения и реализации УР.

Естественно, что конкретное содержание этапов жизненного цикла управленческих решений разных сфер жизни может иметь особенности, обусловленные спецификой соответствующей сферы жизни. Так, в рамках материального производства цели и конкретное содержание этапов жизненного цикла управленческого решения будут связаны с производственно-хозяйственной деятельностью, в то время как в домашнем хозяйстве они связаны с бытом и жизнью отдельного человека или семьи. Тем не менее общим для всех управленческих решений является сама последовательность этапов ЖЦ УР, одинаковые для всех сфер деятельности цели этапов и их формализованное содержание, направленное на достижение конкретных целей каждого из этапов.

Ниже схематично представлена упрощенная модель жизненного цикла управленческого решения, на содержании которой остановимся более подробно (рис. 1.1).

Заметим, что цели этапов жизненного цикла УР определяют названия этих этапов, а содержание каждого из них представляет собою совокупность действий, направленных на реализацию цели соответствующего этапа. При этом сама последовательная цепочка этапов жизненного цикла определяется «жизнью» отдельного управленческого решения с момента идеи его построения до момента его завершения — реализации УР (этапы 1—4 жизненного цикла УР).

Так как каждое из управленческих решений формируется и реализуется для достижения определенной цели, в том числе, связанной с изменением значения определенных характеристик исследуемой системы, с точки зре-



Рис. 1.1. Упрощенная модель жизненного цикла отдельного управленческого решения

ния ЛПР немаловажным является вопрос контроля за выполнением УР и оценки его эффективности. Это является необходимым еще и потому, что реальное УР может отклоняться от задуманного первоначально, в том числе за счет того, что реальные действия по внедрению и реализации управленческих решений могут отклоняться от тех, которые подразумевались при их разработке. Именно по этой причине этап 5 включается в жизненный цикл отдельного управленческого решения.

### **Обратите внимание!**

Вся совокупность действий по разработке (созданию), утверждению и внедрению отдельного управленческого решения, основанная на реализации схемы ЖЦ УР, представляет собою технологию построения УР.

В специальной литературе есть разные предложения по выделению этапов в технологии построения отдельного управленческого решения. Так, Э. А. Смирнов выделяет три основных этапа: подготовка управленческого решения, управленческое решение в компании, реализация управленческого решения<sup>1</sup>, а Р. А. Фатхутдинов — 16<sup>2</sup>.

Особенностью предлагаемого подхода к выделению этапов в технологии построения и внедрения отдельного управленческого решения на основе жизненного цикла является то, что хотя каждый из этапов является достаточно самостоятельным — имеет собственные цель и содержание, подчиненные реализации цели именно этого этапа, все этапы взаимосвязаны между собой и их выполнение является последовательным, а цель каждого из этапов подчинена общей цели разрабатываемого УР.

Процедуре построения УР на основе его ЖЦ предшествует анализ ситуации, сложившейся с объектом управления (идентификация проблемы). Он проводится для получения ответа на вопрос — необходимо ли ее изменение? Если ответ положительный, то процедура построения УР используется. В ином случае потребность в выработке управленческого решения отсутствует.

Сложившаяся с объектом управления (управляемой системой) ситуация описывается набором определенных параметров. Поэтому, если по мнению ЛПР ситуация должна быть изменена, т.е. по отношению к объекту управления должно быть принято управляющее воздействие, ЛПР из этого набора параметров выбирает те, которые требуют изменения. Для каждого из выделенных параметров, требующих изменения, ЛПР формулирует значения, достижение которых должно быть обеспечено на основе реализации разрабатываемого УР.

В целях построения подробной процедуры построения управленческого решения на основе его ЖЦ внутри каждого из рассматриваемых этапов выделены соответствующие шаги реализации этой процедуры.

**Этап 1. Определение цели управленческого решения и конкретизация реализующих ее критериев.** Любое УР как действие, направленное на исправление неудовлетворительной ситуации с управляемой системой (объ-

<sup>1</sup> Смирнов Э. А. Управленческие решения : учеб. пособие. М. : ИНФРА-М, 2001. С. 13.

<sup>2</sup> Фатхутдинов Р. А. Управленческие решения : учебник. 6-е изд., перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2009. С. 130.

ектом управления) через изменение ее состояния или через ее преобразование, должно предполагать наличие цели такого действия, поэтому формулировка цели управленческого решения является условием его построения.

Выход управляемой системы из нежелательной с точки зрения ЛПР ситуации возможен на основе управленческого решения, направленного на такое изменение значений параметров, описывающих неудовлетворительное исходное состояние управляемой системы, которое отвечало бы улучшению ситуации. Полученные в результате УР новые значения параметров, описывающих управляемую систему, должны быть лучше тех, которые имела управляемая система до разработки и внедрения УР.

Заметим, что желаемое значение изменяемого параметра, описывающее состояние системы, и отвечающая ему цель управленческого решения могут быть представлены по-разному — как количественно, так и вербально, описательно. Именно по этой причине, а также в силу возможности достижения цели управленческого решения разными вариантами, сама цель УР может быть конкретизирована различными частными критериями и целевыми функциями.

#### **Обратите внимание!**

В общем случае под критерием, заданным на множестве альтернатив, мы будем подразумевать признак, значение которого является основанием для выбора того или иного решения.

Так как общая цель УР может быть достигнута разными вариантами, то в рассматриваемой ситуации частный критерий как конкретизация общей цели УР — есть признак, значение которого является основанием для рассмотрения соответствующего альтернативного решения<sup>1</sup>. Понятие альтернативного управленческого решения тесно связано с используемыми общими понятиями «альтернатива» и «альтернативный вариант».

#### **Определения**

Альтернатива — есть возможность нового выбора, исключающего рассматриваемый, уже сделанный.

Альтернативный вариант — есть вариант выбора, исключающий рассматриваемый вариант.

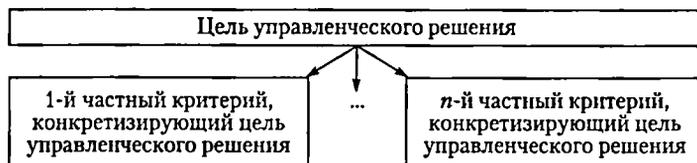
Тогда альтернативное управленческое решение — есть новое управленческое решение, исключающее другие, в том числе рассматриваемые.

#### **Обратите внимание!**

Альтернативные варианты зачастую называют просто альтернативами, подчеркивая при этом невозможность их одновременного выбора.

Общая цель управленческого решения может быть конкретизирована совокупностью альтернативных частных критериев. При этом эти частные критерии являются альтернативами — использование одного из них исключает применение других (рис. 1.2).

<sup>1</sup> В общем случае альтернативами принято называть варианты действий.



**Рис. 1.2. Альтернативные частные критерии, конкретизирующие цель управленческого решения**

К примеру, цель УР «повышение эффективности организации производства» может быть конкретизирована:

- как достижение каждым из показателей некоторого производства вполне конкретного желаемого количественного значения (1-й частный критерий). Например, для улучшения ситуации, связанной с затратами на производство продукта А и продукта Б определенных объемов, необходимо принять УР, направленные на достижение значения затрат для продукта А, равного 50 ед., а для продукта Б — 70 ед. (пример 1). Только в случае получения желаемого результата по затратам: на выпуск продукции А — 50 ед., и на выпуск продукции Б — 70 ед., управленческое решение, на основе которого был получен этот результат, можно рассматривать как альтернативное УР, которое затем будет использоваться для выбора окончательного УР, реализующего цель ЛПР;

- как достижение цели, сформулированной в отношении определенной совокупности количественных показателей, описывающих параметр (2-й частный критерий). Например, для этой же ситуации цель УР может быть сформулирована следующим образом — при тех же объемах выпуска минимизация суммарных затрат по выпуску продуктов А и Б (пример 2). Если определенное управленческое решение дает такой результат, его можно рассматривать как одно из альтернативных, участвующих в выборе окончательного УР, реализующего цель ЛПР;

- как достижение определенной, выраженной количественно цели, сформулированной в отношении определенной совокупности количественных показателей, описывающих параметр (3-й частный критерий). Например, для этой же ситуации цель УР может быть сформулирована следующим образом — при тех же объемах выпуска суммарные затраты по выпуску продуктов А и Б должны быть не больше 120 ед. (пример 3). Если определенное управленческое решение дает желаемый результат, его можно рассматривать как одно из альтернативных управленческих решений, участвующих в выборе окончательного УР, реализующего цель ЛПР.

**«Обратите внимание!»**

Окончательное УР выбирается ЛПР на основе сравнения альтернативных управленческих решений.

Для достижения целей, выраженных частными альтернативными критериями вербально или количественно, могут использоваться различные экономико-математические и инструментальные методы. Например, в примере 2 для достижения цели, сформулированной УР, — минимизация суммарных

затрат выпуска продуктов А и Б, могут быть использованы некоторые из методов оптимизации, реализуемые на основе компьютерных программ. Аналогичная ситуация и с примером 3.

Использование любого конкретного критерия реализации цели управленческого решения для построения соответствующего ему варианта УР предполагает наличие информации, требуемой именно для этого критерия. Поэтому с выбором конкретного критерия реализации цели управленческого решения тесно связана работа по определению набора соответствующей ему информации.

**Обратите внимание!**

Так как цель отдельного управленческого решения может быть конкретизирована разными вариантами количественных и вербальных критериев, на данном этапе ЖЦ УР формулируются цель управленческого решения и критерии реализации этой цели, а для каждого из возможных критериев реализации цели УР выделяются характеристики (данные), описывающие систему и отвечающие выбранному критерию реализации цели управленческого решения.

Содержание этапа 1 схемы ЖЦ управленческих решений определяет следующие шаги реализации подробной процедуры построения УР на основе его жизненного цикла (рис. 1.3):

1-й шаг. Формулировка цели УР.

2-й шаг. Формулировка частных критериев реализации цели УР.

3-й шаг. Для каждого из возможных частных критериев реализации цели УР выделение набора характеристик (данных), отвечающих выбранному частному критерию.

Естественно, что в зависимости от того, каким набором действий может быть реализовано принимаемое управленческое решение, все УР по признаку сложности могут быть разделены на две большие группы – простые, не требующие для своей реализации других УР, и сложные, предполагающие предварительную реализацию других, предшествующих им управленческих решений (см. рис. 1.3).

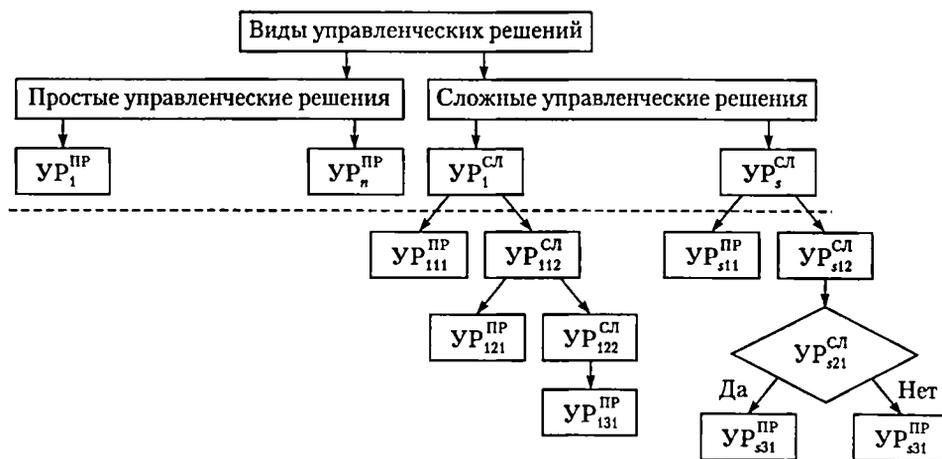


Рис. 1.3. Примеры простых и сложных управленческих решений

*В принятых обозначениях:*

- ПР и СЛ – верхние индексы, отвечающие обозначению простых и сложных управленческих решений ( $УР_k^{ПР}$  –  $k$ -е простое управленческое решение,  $УР_s^{СЛ}$  –  $s$ -е сложное управленческое решение);
- единственный нижний индекс отвечает порядковому номеру простого или сложного управленческого решения;
- тройной нижний индекс отвечает исходному сложному управленческому решению. При этом первый из них показывает порядковый номер исходного сложного управленческого решения, второй – уровень рассматриваемого УР по отношению к сложному исходному, третий – порядковый номер управленческого решения на рассматриваемом уровне, отвечающего рассматриваемому исходному сложному УР ( $УР_{s21}^{СЛ}$  – сложное управленческое решение, предшествующее  $s$ -му сложному исходному УР, находящееся на втором уровне предшествования по отношению к исходному сложному, имеющее на этом уровне порядковым номер 1).

При работе со сложными управленческими решениями необходимо каждое из них представить в виде совокупности всех взаимосвязанных простых и сложных УР, предшествующих ему. Такое представление управленческого решения необходимо по следующим причинам.

*Первое.* К каждому из таких управленческих решений может быть приложена единая формализованная процедура разработки, принятия и реализации отдельного УР (например, на основе схемы жизненного цикла управленческого решения), что существенно уточняет и облегчает сам процесс изменения состояния системы, т.е. изменения неудовлетворительной ситуации.

*Второе.* Представление сложных управленческих решений в виде схем позволит в дальнейшем не только знать и понимать их состав. Оно также даст возможность оценивать результативность изменения ситуации на основе анализа промежуточных УР, формирующих отдельные сложные управленческие решения.

Деление управленческих решений на простые и сложные во многом является условным. Степень детализации сложного управленческого решения, т.е. степень его «дробления» на предшествующие ему простые и сложные УР, во многом определяется позицией ЛПР. Отдельное УР, определенное лицом, принимающим решение, как простое, на самом деле может оказаться сложным. Просто ЛПР на своем уровне его формулирует как простое управленческое решение. Однако его принятие, разработка и реализация уже на уровне других исполнителей могут привести к тому, что оно станет сложным УР, требующим его дальнейшей детализации через предшествующие ему управленческие решения.

Данный этап жизненного цикла УР является одним из самых сложных – его трудно формализовать и он очень существенно зависит от уровня профессиональных знаний ЛПР, а также от самой анализируемой ситуации с состоянием системы. Ее улучшение может потребовать изменения либо одного, либо нескольких характеристик исследуемой системы. При этом само УР может быть как простым, так и довольно сложным. Вместе с тем, технология разработки, принятия и внедрения любого УР может быть реализована через предлагаемую схему его жизненного цикла.

**Обратите внимание!**

Результатом этапа 1 схемы ЖЦ УР являются цель УР, совпадающая с целью перевода исследуемой системы из неудовлетворительного состояния в новое, а также конкретизирующие ее варианты критериев достижения этой цели.

**Этап 2. Разработка управленческого решения.** Целью этого этапа является разработка управленческого решения, а его содержанием — совокупность определенных действий, направленных на формирование УР.

К числу необходимых для разработки УР действий можно отнести:

2.1. *Генерирование вариантов управленческого решения.* Оно подразумевает анализ возможностей, подбор и оценку способов (альтернатив) достижения сформулированной на первом этапе ЖЦ цели УР. Как уже отмечалось, цель УР может быть конкретизирована целой совокупностью критериев, характеризующих ее достижение. Обычно существует несколько способов (вариантов) достижения цели разрабатываемого УР, каждый из которых может определять свое содержание УР, направленное на реализацию его цели.

В общем случае для построения управленческого решения, отвечающего отдельному частному критерию, могут применяться альтернативные методы принятия решения (рис. 1.4).

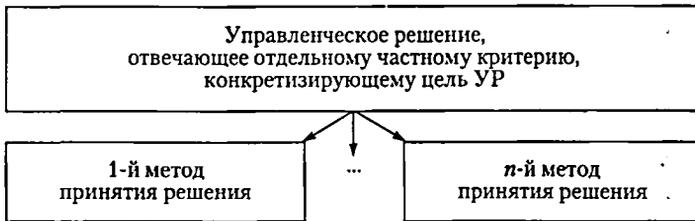


Рис. 1.4. Альтернативные методы принятия решения, отвечающего отдельному частному критерию, конкретизирующему цель управленческого решения

Поэтому для генерирования вариантов управленческого решения используются:

- возможные критерии реализации цели УР (результат этапа 1 ЖЦ УР);
- информация, получаемая из общих и профессиональных источников (например, общедоступная и профессиональная информация Интернета, профессиональные справочники, нормативные документы, профессиональная статистика и т.д.);
- различные математические, экономико-математические методы и модели, инструментальные методы.

**Обратите внимание!**

Генерирование вариантов управленческих решений идет на основе данных этапа 1 о возможных критериях, реализующих цель УР, и наборах информации, отвечающих этим критериям.

Для каждого из возможных критериев реализации цели УР осуществляется разработка альтернативного управленческого решения на основе применения определенного метода принятия решений, учитывающего особенности требуемой и имеющейся информации, которая используется для соответствующего метода.

Решение задачи генерирования вариантов управленческого решения с учетом результатов шагов 2 и 3 определяет шаг 4 реализации процедуры построения УР на основе его ЖЦ (рис. 1.5): шаг 4. Генерирование альтернативных УР.

Сформированные на этапе 1 возможные критерии реализации цели УР, имеющаяся информация, описывающая состояние исследуемой системы, а также отвечающие им возможные методы принятия решений определяют класс альтернативных управленческих решений, отвечающих реализации цели УР. Соответствие содержания каждого из этих альтернативных управленческих решений цели УР обеспечивается тем, что оно отвечает выбранному конкретно критерию реализации цели УР.

После того, как получено множество альтернативных управленческих решений, возникает вопрос – какое из них будет предпочтительнее, какие альтернативные УР можно сразу отбросить как нецелесообразные? Для ответа на эти вопросы необходимы дополнительные действия, описанные ниже.

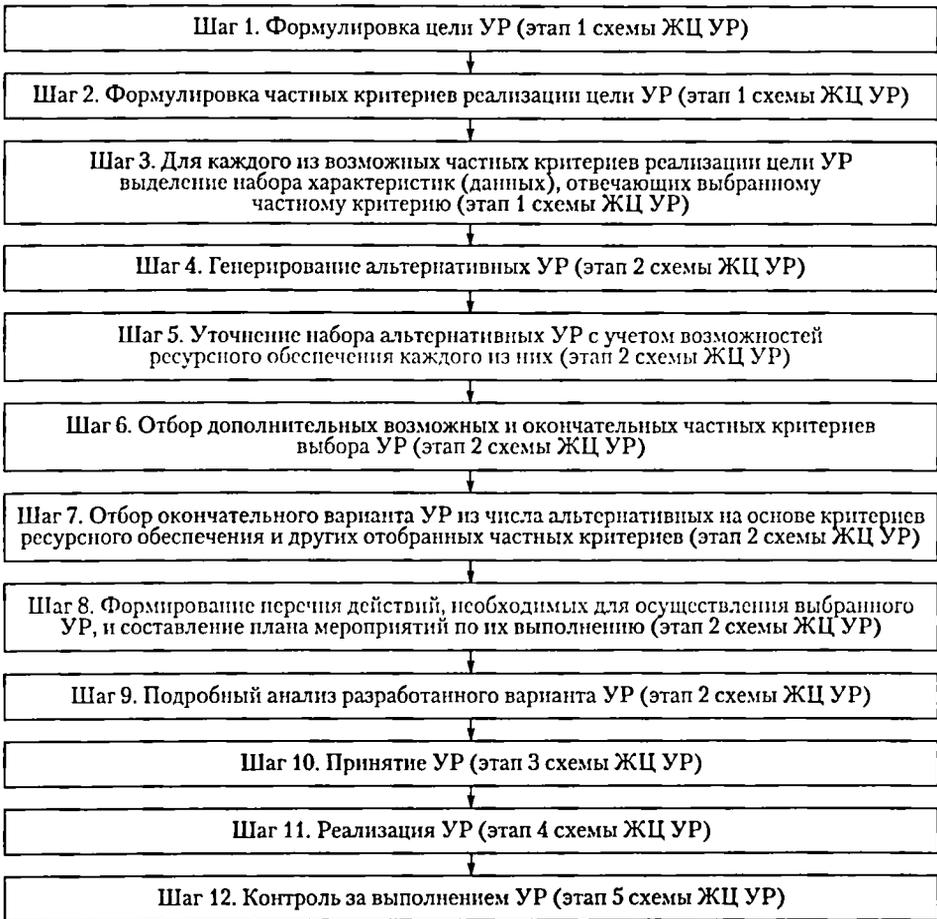


Рис. 1.5. Процедура построения управленческого решения на основе его жизненного цикла

2.2. *Уточнение набора альтернативных управленческих решений с учетом возможностей ресурсного обеспечения каждого из них.* Оно предполагает анализ возможностей ресурсного обеспечения реализации альтернативных вариантов управленческого решения и отбор на основе его результатов тех из них, которые могут быть обеспечены ресурсами. Проверка приемлемости альтернатив управленческого решения по этому критерию является первоочередной и обязательной, так как именно ресурсные ограничения в первую очередь определяют возможности выбора конкретного варианта УР. Результат анализа возможностей ресурсного обеспечения сразу же может сузить число альтернативных вариантов УР и выделить группу только приемлемых из них. Заметим, что проверка возможностей ресурсного обеспечения реализации того или иного альтернативного варианта управленческого решения может быть заложена как ограничение при генерировании альтернативных управленческих решений. Очень часто это делается в том случае, если при генерировании вариантов альтернативных УР используются экономико-математические и инструментальные методы принятия решений.

Действия п. 2.2 определяют содержание шага 5 подробной процедуры построения управленческого решения на основе его ЖЦ (см. рис. 1.5): шаг 5. Уточнение набора альтернативных УР с учетом возможностей ресурсного обеспечения каждого из них.

2.3. *Отбор дополнительных возможных и окончательных критериев выбора управленческого решения.* Эти действия необходимы потому, что помимо критерия ресурсного обеспечения во внимание могут приниматься и другие критерии. При этом окончательный выбор критериев остается за ЛПР, и он его делает с учетом мнения привлеченных профессионалов и специалистов.

Уточненные критерии отбора управленческого решения могут привести к сужению числа альтернатив управленческих решений или к поиску дополнительных новых. При этом вновь подразумевается возможность использования для этой цели (поиска дополнительных альтернативных вариантов) соответствующей информации и применения определенных экономико-математических и инструментальных методов.

Действия п. 2.3 определяют содержание шага 6 подробной процедуры построения управленческого решения на основе его ЖЦ (см. рис. 1.5): шаг 6. Отбор дополнительных возможных и окончательных частных критериев выбора УР.

2.4. *Отбор окончательного варианта управленческого решения из числа альтернативных на основе критериев ресурсного обеспечения и других отобранных частных критериев.* При уточненных выше критериях отбора он может стать результатом применения экономико-математических и инструментальных методов, но должен быть одобрен, принят и утвержден ЛПР.

Заметим, что остальные действия схемы жизненного цикла связаны именно с этим выбранным вариантом управленческого решения, который в дальнейшем так и называется – выбранное УР.

Действия п. 2.4 определяют содержание шага 7 подробной процедуры построения управленческого решения на основе его ЖЦ (см. рис. 1.5): шаг 7.

Отбор окончательного варианта УР из числа альтернативных на основе критериев ресурсного обеспечения и других отобранных критериев.

2.5. *Формирование перечня действий, необходимых для осуществления выбранного управленческого решения, и составление плана мероприятий по их выполнению.* Какие действия необходимы для осуществления отбранного к реализации управленческого решения, в каком порядке лучше всего их выполнять, учитывая, что многие из них могут быть сложными (комплексными) и могут быть связаны между собой? Решение этого вопроса может стать самостоятельной проблемой, для решения которой могут привлекаться профессионалы.

Заметим, что для формирования расширенного (более точного) перечня действий, необходимых для осуществления выбранного управленческого решения и составления отвечающего ему плана мероприятий во внимание могут приниматься действия, связанные с реализацией этапов 3–5 ЖЦ УР (этапы принятия, внедрения УР и его контроля). Обычно это происходит в том случае, если реализация этапов 3–5 является достаточно сложной с организационной точки зрения и (или) требует существенных дополнительных ресурсов.

Действия п. 2.5 определяют содержание шага 8 подробной процедуры построения управленческого решения на основе его ЖЦ (см. рис. 1.5): шаг 8. Формирование перечня действий, необходимых для осуществления выбранного УР, и составление плана мероприятий по их выполнению.

2.6. *Подробный анализ разработанного варианта управленческого решения.* Он включает повторную оценку ресурсов, необходимых для реализации выбранного варианта управленческого решения, и проводится независимо от того, что первоначально такой анализ уже был проведен (п. 2.2). Делается это для того, чтобы уточнить еще раз — обеспечивает ли разработанный план мероприятий и его ресурсное обеспечение реализацию цели управленческого решения, которая была сформулирована на этапе 1? Являются ли затраты ресурсов приемлемыми? Есть ли соображения по улучшению разработанного варианта управленческого решения, возникшие в ходе его разработки? Возникает ли необходимость в возвращении к началу этапа 2 или даже к этапу 1?

Действия п. 2.6 определяют содержание шага 9 подробной процедуры построения управленческого решения на основе его ЖЦ (см. рис. 1.5): шаг 9. Подробный анализ разработанного варианта УР.

### **Обратите внимание!**

Результатом этапа 2 схемы ЖЦ УР является вариант УР, который выбран из совокупности альтернативных вариантов УР с учетом ресурсных возможностей его реализации и других критериев отбора, который представляется ЛПР для одобрения и утверждения.

Выбирая окончательное управленческое решение, ЛПР должно руководствоваться следующим принципом — следует принимать только то решение, которое обеспечивает приемлемую или оптимальную эффективность.

Но надо обратить внимание на то, что если управленческое решение принимается в рамках долгосрочной перспективы, когда реально оценить его

эффективность очень сложно, ЛПР должно руководствоваться следующим — УР должно обеспечивать развитие системы в направлении, наилучшим образом отвечающем достижению стратегической цели ЛПР.

#### **Обратите внимание!**

Стратегия принятия человеком управленческого решения может быть любой:

- краткосрочной, учитывающей возможность достижения цели ЛПР в обозримом промежутке времени;
- долгосрочной, учитывающей возможность достижения цели ЛПР в будущем, но с учетом развития управляемой системы.

**Этап 3. Принятие управленческого решения.** Цель этого этапа — рассмотрение, одобрение и утверждение лицом, принимающим решение, разработанного варианта управленческого решения.

Содержанием этого этапа должны быть действия, связанные с утверждением выбранного варианта УР в виде соответствующего документа (постановления, приказа, распоряжения или другого управленческого документа), обязательного к исполнению. В документе должна быть представлена подробная информация о содержании принятого управленческого решения как наборе мероприятий, направленных на достижение цели УР, с указанием целевой группы работников — той, для которой это решение реализуется.

Конкретизация положений и пунктов приказа, направленная на реализацию управленческого решения, предполагает конкретное распределение заданий, вытекающих из содержания приказа, и закрепление их (заданий) за конкретными исполнителями.

#### **Обратите внимание!**

Результатом этапа 3 модели жизненного цикла управленческого решения является принятие и утверждение ЛПР представленного разработчиками варианта УР в виде документа, обязательного к исполнению, в котором дано его подробное описание.

Действия этапа 3 с учетом результатов шагов 8 и 9 определяют содержание шага 10 процедуры построения управленческого решения на основе его ЖЦ (см. рис. 1.5): шаг 10. Принятие УР (на основе учета данных шагов 8 и 9).

**Этап 4. Реализация управленческого решения.** Цель этого этапа — доведение принятого управленческого решения до его конкретного внедрения, т.е. до его реализации. Поэтому содержанием данного этапа является совокупность действий, направленных на конкретное выполнение требований, содержащихся в соответствующем документе, которым было принято данное УР.

#### **Обратите внимание!**

Результатом этапа 4 схемы ЖЦ УР является распределение заданий, вытекающих из содержания приказа, и их закрепление за конкретными исполнителями.

Действия этапа 4 ЖЦ УР определяют содержание шага 11 подробной процедуры построения управленческого решения на основе его ЖЦ (см. рис. 1.5): шаг 11. Реализация УР (на основе учета данных шага 10).

Заметим, что этапы 3 и 4 должны осуществляться с учетом принятого соответствующего регламента — по принятию УР и по его реализации.

**Этап 5. Контроль за выполнением управленческого решения.** Цель данного этапа — проверка соответствия реальных результатов, обусловленных внедрением УР, тем, которые ожидалось и были определены целью управленческого решения.

Содержание этапа предполагает следующую совокупность действий:

- проверку результата внедрения УР тем целям, которые ставились перед этим управленческим решением на первом этапе его жизненного цикла;
- подробный анализ выполнения плана мероприятий, включенных в документ, которым было принято данное управленческое решение;
- оценку эффективности управленческого решения;
- информирование инициатора решения;
- внесение, в случае необходимости, определенных изменений в принятое управленческое решение.

#### **Обратите внимание!**

Результатом этапа 5 модели жизненного цикла управленческого решения является оценка соответствия результатов, полученных при реализации данного УР, тем результатам и целям, которые были определены субъектом управления (ЛПР).

Действия этапа 5 с учетом результатов шагов 6–11 определяют содержание шага 12 процедуры построения управленческого решения на основе его ЖЦ (см. рис. 1.5): шаг 12. Контроль за выполнением УР (на основе учета данных шагов 6–11).

Заметим, что реализация каждого из этапов жизненного цикла УР может предполагать анализ и использование информации, отвечающей целям рассматриваемого этапа, а также применение различных теоретических и практических методов исследования, в большинстве случаев связанных со спецификой той сферы деятельности, к которой относится исследуемая система. Так, если речь идет об УР в области экономики, то практически на всех этапах может использоваться экономическая информация, получаемая из всех доступных (общих и профессиональных) источников, а на этапе разработки УР при поиске альтернативных вариантов УР могут применяться, например, различные экономико-математические и инструментальные методы исследования. При этом сам выбор методов тоже представляет собою самостоятельную проблему, так как может осуществляться с учетом специфики самой исследуемой системы; характеристик, описывающих ее и изменяемых в целях улучшения ситуации, т.е. в целях перевода системы в новое состояние; области, рамками которой ограничивается улучшаемая ситуация, и т.д. Конкретный выбор этих методов, в конечном счете, осуществляется лицом, принимающим решение, но с учетом мнения разработчиков, профессионалов и экспертов.

Перечисленное выше означает, что на каждом из этапов жизненного цикла могут дополнительно учитываться следующие факторы:

- возможность использования общих и профессиональных источников информации;

- возможность применения различных методов исследования, в том числе математических, экономико-математических и инструментальных, обусловленных спецификой той сферы деятельности, к которой относится исследуемая система и ситуация, сложившаяся с ней, которая требует реализации определенных управленческих решений.

#### **Обратите внимание!**

Процедуре построения УР на основе его жизненного цикла предшествует анализ ситуации, сложившейся с управляемым объектом (идентификация проблемы).

Он проводится для получения ответа на вопрос — необходимо ли ее изменение? Если ответ положительный, то процедура построения УР используется. В ином случае потребность в выработке управленческого решения отсутствует.

В целом процедура построения управленческого решения на основе его жизненного цикла может быть представлена в виде определенной последовательности шагов (см. рис. 1.5).

#### **Обратите внимание!**

Процедура построения управленческого решения на основе его жизненного цикла увязывает теоретическое представление об УР с практикой его построения.

\* \* \*

Как уже отмечалось выше, целью создания любой системы поддержки принятия решений является предоставление этой системой лицу, принимающему решение, такой информации, которая помогла бы ему обоснованно и достаточно быстро принимать необходимые управленческие решения.

С учетом идеи построения управленческого решения СППР должна содержать описание процедуры его построения на основе жизненного цикла в подсистеме, содержащей методологическую информацию. При этом должно быть представлено описание всех пяти этапов схемы, включающее перечень действий по каждому из них; перечень и содержание нормативных и внутренних документов, определяющих регламент этих действий; представление и описание процедуры формирования отдельного УР на основе схемы его ЖЦ (см. рис. 1.5).

### **Резюме**

В настоящее время нет общепринятого определения понятия «система», однако все признанные определения этого понятия исходят из того, что система представляет собою совокупность взаимосвязанных элементов, описываемых характеристиками системы, и ее создание направлено на реализацию определенных целей. При этом подразумевается наличие лица, принимающего решение (ЛПР), так как в случае, если система не реализует целей ее создания и (или) функционирования, ЛПР строит управленческие решения, направленные на перевод системы в ее оптимальное состояние, обеспечивающее их реализацию.

Проведенный анализ используемых в настоящее время определений «управленческого решения как процесса» и «управленческого решения как

явления» подтвердил целесообразность использования на практике первого определения, позволившего для отдельного УР использовать схему его жизненного цикла.

Предложение об использовании в практике менеджмента при разработке УР схемы его жизненного цикла обусловлено следующим: схема, как и процессный подход, включает действия, предусмотренные почти всеми процедурами, реализуемыми при построении УР на основе процессного подхода. Однако в отличие от него, она позволяет выделить относительно самостоятельные, но взаимосвязанные между собой этапы, каждый из которых имеет свою цель реализации и свое содержание, увязанные с общей целью всего управленческого решения, что позволяет сам процесс построения и внедрения УР сделать более прозрачным и легко реализуемым.

Для практического построения управленческого решения полезно использовать упрощенную модель его жизненного цикла, которая увязывает как теоретические, так и практические аспекты его построения.

### **Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы**

1. Дайте определение понятия «система».
2. В каком случае система становится объектом управления?
3. Что понимается под оптимальным состоянием системы?
4. Назовите варианты перевода системы в ее оптимальное состояние.
5. Опишите различия между статической и динамической системами, а также между техническими и социально-экономическими системами.
6. Дайте определение управленческого решения с позиций управления исследуемой системой.
7. Поясните различие подходов к определению управленческого решения как явления и как процесса.
8. Что понимается под жизненным циклом управленческого решения?
9. Что представляет собою по смыслу содержание каждого из этапов жизненного цикла управленческого решения?
10. Дайте примеры целей УР, простых и сложных управленческих решений.
11. Каким образом может осуществляться генерирование альтернативных вариантов управленческого решения?
12. Чем обусловлена необходимость отбора альтернативных вариантов управленческих решений в первую очередь по критерию ресурсного обеспечения?
13. Почему для выбранного управленческого решения необходим заново анализ используемых для его реализации ресурсов?
14. Приведите пример УР и проиллюстрируйте его разработку пошагово.
15. Что собою представляет процедура принятия управленческого решения?
16. Какие действия подразумевает этап реализации управленческого решения?
17. Перечислите действия, связанные с реализацией этапа контроля за управленческим решением.

### **Темы рефератов и докладов**

1. Система и параметры ее описания.
2. Оптимальное состояние системы и варианты перевода системы в оптимальное состояние.
3. Статические, динамические, технические и социально-экономические системы — общая характеристика, отличия.

4. Управленческое решение — разные походы к его определению.
5. Управленческое решение как элемент управления системой.
6. Жизненный цикл управленческого решения — общая характеристика, содержание этапов.
7. Простые и сложные управленческие решения — теория и примеры.
8. Альтернативные варианты управленческого решения и их генерирование.
9. Содержание процедуры управленческого решения.

## **Рекомендуемая литература**

### *Литература на русском языке*

1. *Боев, В. Д.* Информационные системы и технологии в экономике и управлении / В. Д. Боев, Г. А. Ботвин. — СПб. : Изд-во Политехи. ун-та, 2010. — 236 с.
2. Большая экономическая энциклопедия / Т. П. Варламова, И. А. Васильева, Л. М. Неганова [и др.]. — М. : Эксмо, 2008. — 816 с.
3. *Волкова, В. Н.* Постепенная формализация моделей принятия решений / В. Н. Волкова. — СПб. : Изд-во Политехи. ун-та, 2006. — 120 с.
4. *Дик, В. В.* Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки / В. В. Дик. — М. : Финансы и статистика, 2000. — 300 с.
5. *Лапыгин, Ю. Н.* Управленческие решения : учеб. пособие / Ю. Н. Лапыгин, Д. Ю. Лапыгин. — М. : Эксмо, 2009. — 448 с.
6. *Лифшиц, А. С.* Управленческие решения : учеб. пособие / А. С. Лифшиц. — М. : КноРус, 2009. — 248 с.
7. *Орлов, А. И.* Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений : учебник / А. И. Орлов. — М. : КноРус, 2013. — 576 с.
8. *Пономарев, И. П.* Принятие управленческого решения / И. П. Пономарев. — М. : Макс-Пресс, 2005.
9. *Смирнов, Э. А.* Управленческие решения : учеб. пособие / Э. А. Смирнов. — М. : ИНФРА-М, 2001. — 264 с.
10. *Фатхутдинов, Р. А.* Управленческие решения : учебник. — 6-е изд., перераб. и доп. / Р. А. Фатхутдинов. — М. : ИНФРА-М, 2009. — 344 с.
11. *Филинов, Н. Б.* Разработка и принятие управленческих решений : учеб. пособие / Н. Б. Филинов. — М. : ИНФРА-М, 2010. — 308 с.

### *Интернет-источники*

1. *Орлов, А. И.* Теория принятия решений : учебник [Электронный ресурс] / А. И. Орлов. — М. : Экзамен, 2006. URL: <http://www.aup.ru/books/m157/> (дата обращения 03.08.2015).
2. *Уемов, А. И.* Системный подход и общая теория систем [Электронный ресурс] / А. И. Уемов — М. : Мысль. Редакция философской литературы, 1978. — 290 с. URL: [http://publ.lib.ru/ARCHIVES/U/UEMOV\\_Avenir\\_Ivanovich/\\_Uemov\\_AI.html#010](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/U/UEMOV_Avenir_Ivanovich/_Uemov_AI.html#010) (дата обращения 03.08.2015).
3. *Von Bertalanffy, L.* General System Theory [Электронный ресурс] / L. von Bertalanffy // A Critical Review. «General Systems». 1962. Vol. VII. P. 1–20 / пер. Н. С. Юлиной. URL: <http://www.evolbiol.ru/bertalanfi.htm> (дата обращения 03.08.2015).

В нормативных моделях принятия решений данная концепция также может быть реализована, например, в случае, когда методы принятия решений, ориентированные на получение варианта решения с максимальной полезностью, по желанию ЛПР не предполагают рассмотрение всех альтернатив. Возможен, в частности, вариант поиска не оптимальной альтернативы, а альтернатив, удовлетворяющих определенным требованиям, например, отклоняющихся от оптимальной не более чем на 10%. Самое главное здесь то, что в нормативных моделях правила отбора альтернатив известны заранее, а уровень притязаний ЛПР здесь задается отклонением искомым альтернатив именно от оптимальной — в нашем примере отклонением, равным 10%.

---

**Обратите внимание!**

Так как условия применения нормативных моделей (известный критерий, направленный на максимизацию полезности, имеющаяся полная информация и известные методы принятия решения) позволяют найти оптимальное решение, нормативные модели принятия решения, как правило, реализуют концепцию максимизации полезности.

Нормативные модели фактически исключают учет влияния психологического поведения людей на процесс принятия решений, и ее содержанием является принятый ЛПР метод (алгоритм) поиска оптимального или эффективного решения.

---

Помимо нормативных моделей широкое распространение имеют дескриптивные модели принятия решений<sup>1</sup>.

Предпосылками и условиями их применения являются неполнота или избыточность информации, а также отсутствие известных заранее правил предпочтения (правил отбора альтернатив) и способов (методов расчета) оценки возможных последствий их реализации. Все это требует вмешательства ЛПР в процесс принятия решения и приводит к тому, что в дескриптивных моделях принятия решений существенным является субъективный, психологический фактор, влияющий на отбор альтернатив и поиск окончательного решения, — поведение ЛПР.

---

**Обратите внимание!**

В дескриптивных моделях при реализации концепции ограниченной рациональности ЛПР определяет правила предпочтения исходя из своего представления о их рациональности.

Поведение ЛПР в дескриптивных моделях принятия решений является субъективным фактором, существенно влияющим на результаты формирования окончательного решения.

---

Прежде всего, поведение ЛПР влияет на выбор концепции принятия решений, реализуемой в рамках дескриптивной модели, — той системы взглядов, в соответствии с которой формируется окончательное решение.

К числу основных концепций принятия решений, используемых в дескриптивных моделях, относится концепция ограниченной рациональности. В отличие от концепции максимизации полезности (теория ожидаемой по-

---

<sup>1</sup> В специальной литературе такие модели иногда рассматривают как реализацию дескриптивного подхода к формированию решений.

лезности) она (концепция ограниченной рациональности) направлена на поиск не оптимальной альтернативы, а той, которая, по мнению ЛПР, будет эффективной, т.е. будет отвечать его требованиям и притязаниям.

Упрощение процесса принятия решения в дескриптивных моделях идет:

- за счет рассмотрения лишь ограниченного числа альтернатив и их последствий;
- установления так называемых уровней требований и притязаний по всем возможным последствиям, к которым может привести та или иная альтернатива;
- выбора первой альтернативы, которая, как правило, не является оптимальной, но удовлетворяет всем уровням требований и притязаний.

**Обратите внимание!**

Дескриптивные модели, как правило, реализуют концепцию ограниченной рациональности.

Заметим, что дескриптивные модели могут предполагать поиск оптимального решения в соответствии с принятыми правилами предпочтения, используемыми для отбора альтернатив. В этом случае они в определенном смысле реализуют концепцию максимизации полезности. Однако спецификой оптимизации в дескриптивных моделях является то, что оптимальное решение отыскивается в рамках требований, определяемых правилами предпочтения альтернатив, формируемыми ЛПР.

**Обратите внимание!**

Основными концепциями принятия решений являются концепция максимизации полезности и концепция ограниченной рациональности.

Взаимосвязь моделей принятия решений (нормативных и дескриптивных) и основных концепций принятия решений, реализуемых этими моделями (концепции максимизации полезности и концепции ограниченной рациональности), определяет специфику и особенности сформированного окончательного решения (рис. 2.1):

- для нормативных моделей, реализующих концепцию максимизации полезности, сформированное окончательное решение является результатом применения известных алгоритмов (нормативных правил) и будет оптимальным в соответствии с рассматриваемым критерием полезности (оптимальности);

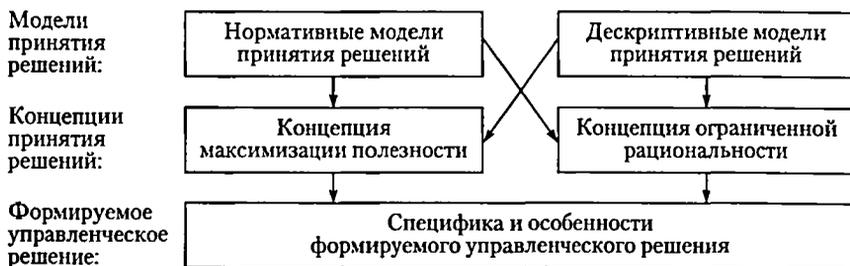


Рис. 2.1. Влияние моделей и концепций принятия решений на специфику и особенности формирования решения

- нормативных моделей, реализующих концепцию ограниченной рациональности, сформированное окончательное решение является результатом применения известных алгоритмов (нормативных правил) и будет эффективным (допустимым) с точки зрения такой его близости к оптимальному решению, которая задается ЛПР;

- дескриптивных моделей, реализующих концепцию максимизации полезности, сформированное окончательное решение является результатом рассмотрения всех альтернатив и будет оптимальным по отношению к принятым правилам предпочтения;

- дескриптивных моделей, реализующих концепцию ограниченной рациональности, сформированное окончательное решение является первой найденной в результате отбора альтернативой, удовлетворяющей все уровни требований и притязаний, предъявляемых ЛПР к окончательному решению (к выбранной альтернативе).

Так как субъектом процесса принятия управленческого решения является отдельный человек или группа людей, важно определить, в каких моделях принятия решений и при реализации каких концепций влияние субъективного фактора — поведения человека — является существенным.

Анализ особенностей формирования окончательных управленческих решений для разных моделей и концепций принятия решений показал, что этот субъективный фактор является существенным в дескриптивных моделях принятия решений независимо от того, реализуется ли это концепция максимизации полезности или концепция ограниченной рациональности.

В нормативных моделях, реализующих концепцию максимизации полезности, этот фактор не проявляется вообще, а в нормативных моделях, реализующих концепцию ограниченной рациональности, он проявляется лишь при установлении степени отклонения эффективного решения от оптимального.

Именно поэтому очень важным является вопрос влияния психологического поведения человека на процесс и результаты принятия решения в дескриптивных моделях.

## 2.2. Стратегии принятия решений

**Общие положения.** Помимо того, что в дескриптивных моделях принятия решений субъективный фактор (психологическое поведение людей) проявляется при формировании концепции принятия решений, он оказывает влияние еще на два параметра процесса принятия решения:

- на правила предпочтения альтернатив, используемые при отсеивании бесперспективных альтернатив (альтернативных решений) в процессе формирования окончательных решений. Они (правила предпочтения) определяются выбранной концепцией принятия решений и позицией ЛПР;

- способ (метод) расчета критериальной оценки, на основе значения которой альтернативы либо отсеиваются, либо принимаются. Он, в свою очередь, определяется выбранными правилами предпочтения и позицией ЛПР.

### **Обратите внимание!**

В дескриптивных моделях влияние фактора психологического поведения людей проявляется в выборе концепции принятия решения, при формировании правил предпочтения альтернатив и в отборе метода расчета критериальной оценки.

Совокупность правил и действий, реализующих концепцию принятия решений с использованием правил предпочтения альтернатив и критериальных оценок, рассчитываемых для альтернатив, определяет содержание стратегии принятия решений.

### **Определение**

Под стратегией принятия решения понимается совокупность правил и действий по отбору окончательного формируемого решения, определяемая содержанием концепции принятия решения, а также реализующими ее (концепцию) правилами предпочтения альтернатив и способами (методами) расчета критериальных оценок.

Заметим, что это определение является общим, используемым как в дескриптивных, так и в нормативных моделях принятия решений. Однако для последних необходимо отметить следующее. Нормативные модели предполагают использование известных (нормативных) методов принятия решений, которые уже включают в себя правила предпочтения и способы расчета критериальных оценок, определяемых для каждой из альтернатив.

**Многокритериальные стратегии принятия решений.** Формирование и выбор правил предпочтения, заложенных в стратегию принятия решений, остается за лицами, принимающими решение, однако существуют дополнительные аспекты, которые при этом необходимо учитывать.

К условиям, дополнительно учитываемым при формировании стратегии отбора альтернатив и выбора окончательной из них, необходимо отнести, например, условие о принятии решений по многим критериям одновременно.

**Стратегии многокритериального выбора.** Потребность в них возникает в том случае, когда альтернативы описываются несколькими параметрами, которые имеют важность для ЛПР при выборе альтернатив (например, прибыль, затраты, время).

### **Обратите внимание!**

Эти параметры в психологии носят название атрибутов альтернатив, а сами задачи отбора альтернатив по нескольким атрибутам носят название многоатрибутных (многоатрибутивных) задач принятия решений. В экономике и математике вместо термина «атрибут» используются термины «параметры» и «признаки», а сами задачи поиска альтернатив по значениям нескольких из них носят название многокритериальных задач принятия решений.

Для оценки и сравнения альтернатив, т.е. для принятия решения по выбору альтернативы, требуется переработка большого объема информации, что заставляет упростить этот процесс, например, за счет свертки нескольких частных критериев, применяемых к отдельным параметрам и признакам альтернатив, в один общий критерий и за счет использования различных эвристических правил предпочтения, используемых для отсеивания неподходящих альтернатив и отбора окончательных решений (альтернатив).

### **Обратите внимание!**

Переход от многокритериальной задачи принятия решения к однокритериальной может быть обеспечен:

- за счет свертки частных критериев, описывающих параметры каждой из альтернатив, в один обобщенный критерий;
  - применения различных эвристических правил по отбору альтернатив на основе значений обобщенных критериев.
- 

Практика выделила две группы правил, обеспечивающих переход от многокритериальной оценки альтернатив к однокритериальной, — стратегии компенсации и стратегии исключения.

**Стратегии компенсации.** Их особенностью является то, что при построении общей критериальной оценки, рассчитанной для альтернативы и полученной как свертка частных критериальных оценок, плохие значения частных критериальных оценок, отвечающих одним параметрам альтернативы, компенсируются хорошими значениями частных критериальных оценок других параметров этой альтернативы. В зависимости от варианта компенсации плохих значений частных критериев одних параметров альтернативы хорошими значениями частных критериев других параметров этой же альтернативы выделяют аддитивные стратегии многокритериального выбора, стратегии аддитивных разностей и стратегии идеальной точки:

- *аддитивная стратегия.* Ее особенностью является следующее. При построении общей критериальной оценки, рассчитываемой для каждой из альтернатив и учитывающей все используемые частные критерии, отвечающие анализируемым параметрам альтернативы, плохое значение одного из частных критериев может быть компенсировано хорошим значением других частных критериев. Аддитивная стратегия предполагает, что для каждой альтернативы определяется общая критериальная оценка как сумма частных критериальных оценок, вычисленных по всем существенным параметрам альтернатив с учетом их относительной важности. При этом коэффициенты важности параметров выставляются субъективно либо вычисляются как некоторые масштабированные значения, выраженные в единой безразмерной шкале. Пример — выбор для покупки дачи по таким важным для ЛПР параметрам, как цена, расстояние от дома, наличие общественного транспорта, возраст постройки. Для каждого из рассматриваемых вариантов (альтернатив) ЛПР рассчитывает общую критериальную оценку как сумму произведений фактических значений соответствующих параметров для рассматриваемого варианта дачи (альтернативы) на коэффициенты их важности, установленные ЛПР едиными для всех рассматриваемых для покупки вариантов. Наилучшим в этом случае будет вариант (альтернатива), имеющий наибольшее значение такой аддитивной оценки, т.е. имеющий максимальную общую полезность. Заметим, что не всегда ЛПР считает такую суммарную оценку (общую критериальную оценку) по каждой из альтернатив. В общем случае способ (метод) расчета общей критериальной оценки может быть любым. Так, ЛПР может применять более простые оценки, например, суммируя по каждой из альтернатив количество параметров, имеющих для ЛПР высокую важность. В этом случае выбрана будет альтернатива, имеющая наибольшее число параметров, важных для ЛПР;

- *стратегия аддитивных разностей* использует попарные сравнения альтернатив. При этом из рассмотрения исключаются те параметры альтернатив, которые имеют примерно одинаковые значения. Попарные сравнения альтернатив по оставшимся параметрам идет следующим образом —

сравниваются значения общей критериальной оценки, рассчитанные уже только по оставшимся на рассмотрении параметрам. При этом из двух рассматриваемых альтернатив для дальнейшего выбора остается та из них, которая имеет наибольшее значение рассчитанной общей критериальной оценки. Способ расчета общей критериальной оценки для каждой из альтернатив также остается компенсационным — в вычисленной обобщенной оценке «плохие значения» оставшихся на рассмотрении частных критериев могут быть компенсированы «хорошими значениями» оставшихся частных критериев. Зачастую ЛПР также пренебрегает теми параметрами, по которым различие оценок альтернатив невелико. В рассмотренном выше примере для альтернатив, имеющих одинаковые значения параметров «возраст постройки» и «наличие общественного транспорта», на рассмотрении остается только один параметр — «цена». Сравнивая попарно все альтернативы по значению этого параметра, ЛПР, в конце концов, выберет наилучшую альтернативу или несколько, имеющих одинаковое, но лучшее значение цены. По существу ЛПР при такой стратегии оценивает не общую полезность каждой из сравниваемых альтернатив, а разность их полезностей;

- *стратегия идеальной точки* схожа со стратегией аддитивных разностей, но отличается от нее тем, что все альтернативы сравниваются не между собой, а с некоторым эталоном, т.е. идеальным вариантом, существующим лишь в сознании, но практически недостижимым. Тогда наилучшей считается альтернатива, наиболее близкая к «идеалу» по значению общей критериальной оценки, вычисленной по тем параметрам, значения частных критериев по которым отличаются от значений идеальной альтернативы. При этом способ расчета общей критериальной оценки для каждой из альтернатив также остается компенсационным.

Заметим, что в зависимости от концепции принятия решения в рамках каждой из этих стратегий могут рассматриваться все альтернативы (концепция максимизации полезности) или только часть из них — до появления первой альтернативы, удовлетворяющей уровень притязаний ЛПР (концепция ограниченной рациональности).

**Стратегии исключения.** Их особенностью является отказ от сравнения достоинств и недостатков всех альтернатив на основе значения рассчитываемых общих критериальных оценок и применение простых эвристических правил. Цель отказа — исключение из рассмотрения большого числа бесперспективных, неэффективных альтернатив с тем, чтобы исследовать лишь их небольшое число и сделать разумный выбор. К этой группе стратегий выбора относятся стратегия доминирования, конъюнктивная стратегия, дизъюнктивная стратегия, лексикографическая стратегия и стратегия удаления по аспектам:

- *стратегия доминирования* направлена на поиск такой альтернативы, которая по всем параметрам не хуже других альтернатив, и хотя бы по одному параметру она лучше, чем все остальные варианты выбора. Эта стратегия позволяет исключить из рассмотрения некоторые альтернативы и сократить множество альтернатив, оставшихся для рассмотрения. Например, при выборе для покупки дачи во внимание принимается значение такого параметра, как «цена», но при условии, что значения параметров «возраст постройки», «наличие общественного транспорта» для оставшихся на рассмотрении альтернатив будут устраивать ЛПР. Особенностью применения этой

стратегии является то, что она позволяет найти наилучшую альтернативу, но лишь в том случае, если таковая есть. Такими же возможностями наделены и стратегии компенсации, однако преимуществом стратегии доминирования является ее простота;

- *конъюнктивная стратегия* исключает альтернативы, которые не удовлетворяют минимальным требованиям по всем параметрам одновременно, и выбирает первую удовлетворительную альтернативу, если она существует. Например, принимая решение о приобретении дачи, в соответствии с конъюнктивной стратегией выбирается вариант дачи с приемлемым возрастом постройки, но только среди альтернатив, имеющих приемлемую цену и общественный транспорт. Альтернативы с отсутствием общественного транспорта и с высокой ценой отбрасываются заранее. Если же удовлетворительное решение не найдено, список альтернатив необходимо расширить за счет ослабления требований к отдельным параметрам альтернатив. Конъюнктивная стратегия согласуется с концепцией ограниченной рациональности, в соответствии с которой уменьшение количества рассматриваемых альтернатив обеспечивается тем, что из числа всех альтернатив отбираются те, которые в определенной мере удовлетворяют требованиям ЛПР;

- *дизъюнктивная стратегия* оценивает каждую альтернативу по ее лучшим качествам независимо от того, какие значения имеют остальные параметры альтернативы. Для выбора окончательного решения остаются только те альтернативы, которые имеют наилучшие значения какого-либо из ее параметров. Например, при покупке автомобиля сначала находится лучшая альтернатива по цене (самая дешевая), потом могут исследоваться альтернативы по престижности — находится самая престижная из всех; затем — по мощности и т.д. Выбор окончательного параметра, по которому принимается конечный вариант, остается за ЛПР;

- *лексикографическая стратегия* схожа с дизъюнктивной стратегией, но отличается от нее тем, что сначала отбираются альтернативы, лучшие среди всех по самому важному параметру. Если таких альтернатив несколько, то среди них снова определяются лучшие по самому важному параметру из оставшихся и т.д. до тех пор, пока число вариантов не сократится до приемлемого. Например, при покупке автомобиля находится лучшая альтернатива по мощности, затем, если таких альтернатив осталось несколько, — по престижности и т.п.;

- *стратегия удаления по аспектам* сравнима с лексикографической стратегией, но основана на принципе отказа от альтернатив. Сначала удаляются альтернативы, не удовлетворяющие требованиям по самому важному параметру, затем среди оставшихся исключаются альтернативы, не подходящие по менее важному параметру, и так далее, пока не останется один или несколько вариантов для окончательного выбора. По аналогии с предыдущим примером, вначале удаляются самые непрестижные модели автомобиля, среди оставшихся — самые неподходящие по мощности и т.д.

### **Обратите внимание!**

1. Принятие решений по многим критериям одновременно предполагает использование специальных стратегий принятия решений.
2. При выборе окончательного варианта решений, как правило, используется не одна стратегия, а их сочетание.

3. Сокращение множества альтернатив до разумных пределов, как правило, идет на основе стратегий исключений. Если после этого остается несколько вариантов, наилучший из них определяется на основе какой-либо из стратегий компенсации.

---

Заметим, что субъективный фактор поведения человека особенно ярко проявляется при выборе метода свертки многих критериев в один и при отборе метода расчета итоговой общей критериальной оценки, что находит отражение в реализации различных компенсационных стратегий многокритериального выбора.

### 2.3. Психологические аспекты принятия решений

**Основные понятия.** Существенным фактором, влияющим на процесс разработки и принятия управленческого решения, является психологический аспект этого процесса, определяемый содержанием ряда понятий и их взаимосвязью.

**Память** — есть процесс организации и сохранения прошлого опыта, который делает возможным его повторное использование.

**Сенсорная память** — подсистема памяти, обеспечивающая удержание в течение очень короткого времени (менее одной секунды) результатов сенсорной переработки информации, поступающей в органы чувств.

**Кратковременная память** — подсистема памяти, обеспечивающая оперативное удержание и преобразование данных, поступающих из органов чувств (из сенсорной памяти) и из долговременной памяти.

**Долговременная память** — подсистема памяти, которая обеспечивает продолжительное удержание информации и навыков (часы, годы, десятилетия). Долговременная память характеризуется огромным объемом сохраняемой информации.

**Феномен** — есть вариант психологического поведения человека при выборе альтернативного решения, который приводит к тому, что реальные результаты отбора альтернативны могут быть хуже ожидаемых.

В разработке отдельного управленческого решения может принимать участие один или несколько человек, психологическое поведение которых может влиять на выбор УР, формируемого из числа альтернативных. Именно в этой ситуации выбора формируемого УР из числа альтернативных различают варианты индивидуального и группового принятия решений.

**Индивидуальное принятие решения** — есть формирование решения, осуществляемое на основе выбора из множества альтернативных решений (альтернатив) отдельным человеком.

**Групповое принятие решений** — есть формирование решения, осуществляемое на основе выбора из множества альтернативных решений (альтернатив) группой людей.

**Личностный профиль принимаемого решения** — вариант принятия решения, который отражает личностные особенности ЛПР.

\* \* \*

Лицо, принимающее решение, является субъектом, поведение которого может оказывать существенное влияние как на сам процесс принятия решения, так и на результаты этого процесса.

Влияние поведения человека как субъекта, принимающего решение, является существенным в дескриптивных моделях принятия решения, поэтому ниже будут рассмотрены отдельные аспекты психологического поведения человека в этих моделях принятия решений.

Психологическими истоками поведения человека при принятии решений является его память.

**Кратковременная и долговременная память.** В случае единоличной разработки УР и индивидуального принятия решения в целях повышения обоснованности принятия того или иного решения ЛПР, как правило, обращается к своей памяти, в которой хранится информация о его прошлом опыте, в частности, об опыте, связанном с принятием решений в исследуемой сфере деятельности.

В психологии память человека условно подразделяется на три уровня: сенсорная, кратковременная и долговременная<sup>1</sup>. С принятием решения обычно связаны кратковременная и долговременная память, так как переработка и использование информации, содержащейся в них, влияют на поведение ЛПР при разработке и построении альтернативных УР и выборе окончательного из них.

Имеющаяся в кратковременной и долговременной памяти информация используется ЛПР, например:

- для формулировки частных альтернативных критериев, используемых при построении альтернативных УР, — опыт подсказывает, использование каких критериев из числа возможных оправдало себя в наибольшей степени;
- при конструировании правил и критериев отбора окончательного УР из числа альтернативных. Так, при выборе УР, наилучшего из альтернативных, на основе прошлого опыта ЛПР считает оправданным, например, применение метода парного сравнения, удовлетворяющего следующим критериям: некоторое альтернативное УР претендует на окончательное, если оно является предпочтительнее, чем все другие хотя бы по одному выбранному критерию; если оно имеет менее существенные недостатки по сравнению с другими; если оно вписывается в стратегию развития организации и т.д. В данном примере процесс выбора окончательного УР основан на определении лучшего альтернативного УР и последующем сравнении с ним всех других альтернативных решений.

#### **Обратите внимание!**

Необходимость выбора альтернативы (определенного УР) возникает в том случае, если появляется разграничение между понятиями «желасмое» и «нежеласмое» — из двух альтернатив одна является желасмой (более предпочтительной).

**Психологические варианты принятия решений.** Изучение индивидуальных различий в принятии решений является особо актуальным в тех случаях, когда ЛПР принимает не одно, а много управленческих решений, влияющих на самые разнообразные аспекты производственно-хозяйственной деятельности и на жизнедеятельность исполнителей.

<sup>1</sup> URL: [http://www.k2x2.info/delovaja\\_literatura/upravlenneskie\\_reshenija/p3.php#metkacod47.4](http://www.k2x2.info/delovaja_literatura/upravlenneskie_reshenija/p3.php#metkacod47.4) (дата обращения: 03.08.2015).

Индивидуальные психологические характеристики ЛПР, доминирующие черты его личности определяют личностный профиль принимаемого решения — тот стиль, вариант принятия решения, который отражает личностные особенности ЛПР.

К числу наиболее ярко выраженных относятся следующие виды личностных профилей решений<sup>1</sup>.

*Вариант управленческого типа принятия решения* — вариант принятия решения, при котором ЛПР приступает к выбору альтернативы — окончательного варианта решения, с уже сформулированной для себя исходной идеей, являющейся результатом предварительного анализа условий и требований поставленной задачи. Решение, принимаемое на основе этого личностного профиля, носит название «решение управленческого типа». При этом и выдвижение гипотез, и их проверка для ЛПР являются равно значимыми. Именно поэтому практика принятия таких решений является наиболее взвешенной и обоснованной. Для ЛПР, принимающих решения управленческого типа, характерно следующее: они ориентируются на трезвый расчет, и поэтому их решения являются эффективными.

*Вариант импульсивного принятия решения* — вариант принятия решения, при котором процесс построения гипотез резко преобладает над действиями по их проверке и уточнению. В этом случае ЛПР относительно легко генерирует идеи, но мало заботится об их оценке. Это приводит к тому, что сам процесс принятия решений проходит скачкообразно и без должного этапа его обоснования и проверки. Решение, принимаемое на основе этого личностного профиля, носит название «импульсивное решение», которое, как показывает практика, часто является недостаточно осмысленным и обоснованным. Для ЛПР, принимающих импульсивные решения, характерно следующее: они ориентируются на успех и менее чувствительны к неудачам.

*Вариант инертного принятия решения* — вариант принятия решения, как правило, являющийся проявлением неуверенного и осторожного поиска приемлемого решения. После проявления исходной гипотезы ее уточнение идет крайне медленно. Оценки гипотез являются сверхкритичными, каждый свой шаг ЛПР проверяет неоднократно. Решение, принимаемое на основе этого личностного профиля, носит название «инертное решение», и результатом его является удлинение, растягивание времени процесса принятия решения. Для ЛПР, принимающих инертные решения, характерно следующее: они осторожны и боятся неправильных решений.

*Рискованный вариант принятия решения* — вариант принятия решения, при котором оценку и обоснование принимаемых гипотез ЛПР проводит только после того, как обнаруживается определенное невыполнение выдвигаемой гипотезы. Этот вариант близок к варианту импульсивного принятия решения, когда проверка гипотез практически вообще отсутствует. Решение, принимаемое на основе этого личностного профиля, носит название «рискованное решение». Заметим, что хотя и с опозданием, но ЛПР управ-

<sup>1</sup> URL: <http://3ys.ru/psikhologiya-vyrobotki-i-prinyatiya-upravlencheskikh-reshenij/sushchnostlichnostnogo-profilya-prinyatiya-resheniya.html> (дата обращения: 03.08.2015).

новешивает важность построения гипотез и их проверки. Для ЛПР, принимающих рискованные решения, характерно следующее: они не боятся рисковать, верят в удачу, их решения в конечном итоге обоснованы.

*Вариант осторожного типа принятия решения* — вариант принятия решения, который характеризуется особой тщательностью оценки гипотез, критичностью. ЛПР, прежде чем прийти к выводу, совершает множество разнообразных подготовительных действий. Решение, принимаемое на основе этого личностного профиля, носит название «осторожное решение», для принятия которого характерна упреждающая оценка. Осторожные люди более чувствительны к отрицательным последствиям своих действий, чем к положительным. Их больше пугают ошибки, чем радуют успехи. Поэтому для их поведения характерно следующее: они очень чувствительны к неудачам, поэтому стремятся избежать ошибок.

### **Обратите внимание!**

На личностный профиль принимаемого решения влияют ценностные ориентации ЛПР.

Психологические варианты принятия решений влияют на выбор правил предпочтения альтернатив и поэтому оказывают влияние на качество выбора окончательной альтернативы.

### **Концепции психологического поведения людей при принятии решений.**

Любая дескриптивная модель принятия решения описывает стратегию принятия решения, реализующую определенную концепцию принятия решения и конкретизирующие ее (концепцию) правила предпочтения альтернатив и способы (методы) расчета критериальных оценок. Влияние фактора психологического поведения человека в дескриптивных моделях является существенным:

- при выборе концепции принятия решений;
- формировании правил предпочтения альтернатив;
- выборе метода расчета критериальной оценки.

Выбор концепции принятия решений осуществляется ЛПР с учетом информационной ситуации и наличия нормативного (алгоритмического) обеспечения поиска окончательного решения.

К числу основных концепций принятия решений относятся концепция максимизации полезности и концепция ограниченной рациональности. Их основное отличие состоит в том, что концепция максимальной полезности предполагает поиск оптимального решения, а концепция ограниченной рациональности — эффективного, удовлетворяющего потребности ЛПР.

Для усиления отражения факта психологического поведения ЛПР при выборе им концепции эти концепции можно рассматривать не просто как концепции принятия решения, а как концепции психологического поведения людей при принятии решений.

### **Определение**

Концепция психологического поведения людей при принятии решений есть совокупность определенных психологических аспектов, формирующих поведение человека при принятии решений.

Определенные условия принятия решений могут определять особые аспекты психологического поведения людей при принятии решений, поэтому помимо двух названных концепций психологического поведения людей при принятии решений могут быть выделены и другие, отвечающие особым условиям принятия решений.

Примером выделения специальной концепции психологического поведения людей при принятии решений является учет следующих особых условий выбора окончательной альтернативы — принятие решения в условиях риска. Изучение факта принятия решения в условиях риска привело к формированию в 1979 г. специальной концепции «теории перспектив», авторами которой являются Д. Канеман и А. Тверски<sup>1</sup>.

В ее основе лежат следующие аспекты психологического поведения людей при принятии решения в условиях риска:

- большинство людей придает большее значение потерям, чем приобретениям, даже если их величина одинакова. Другими словами, потери всегда кажутся более существенными, чем приобретения — потеря 2000 руб. обычно огорчает человека больше, чем радуется находка 2000 руб. Данный аспект психологического поведения людей при принятии решений в условиях риска выделяет как приоритетный следующий критерий — минимизация потерь. Это означает, что в условиях риска при принятии решений чаще используется критерий минимизации потерь, связанных с реализацией альтернативы, чем критерий максимизации дохода, связанного с ее реализацией;

- отношение людей к риску зависит от формулировки задачи выбора — люди обычно уклоняются от риска, чтобы получить гарантированный выигрыш, и предпочитают риск, чтобы избежать гарантированные потери. Этот аспект психологического поведения людей при принятии решения в условиях риска определяет следующие возможные правила предпочтения альтернатив:

- альтернатива А является более предпочтительной, чем альтернатива Б, если ее реализация гарантирует получение определенного дохода (выигрыша), а получение дохода по альтернативе Б носит вероятностный характер (выигрыш то ли будет, то ли нет);

- альтернатива А является более предпочтительной, чем альтернатива Б, если при реализации альтернативы А возникновение потерь носит вероятностный характер, а при реализации альтернативы Б потери гарантированы;

- люди склонны завышать маленькие вероятности, но занижать средние и большие вероятности достижения значимых для себя результатов. Данный аспект психологического поведения людей определяет феномен, при котором причина расхождения реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых может быть обусловлена либо ошибочным завышением маленьких вероятностей, либо ошибочным занижением средних и больших вероятностей. Данный феномен называют эффектом субъективной оценки малых, средних и больших вероятностей.

Результаты дополнительных исследований по принятию решений в условиях риска в рамках дескриптивных моделей опубликовали в 1982 г. американские экономисты Г. Лумс и Р. Сагден<sup>2</sup>. Они предложили так называемую теорию раскаяния, которая основана на двух основных положениях:

<sup>1</sup> URL: <http://www.rae.ru/monographs/129-4239> (дата обращения: 03.08.2015).

<sup>2</sup> URL: <http://www.syntone.ru/library/books/content/3589.html> (дата обращения 31.08.2015).

- большинство людей оценивают результат решения не с точки зрения именно его реализации, а относительно того, что могло бы произойти, если бы они приняли не это решение, а другое — лучшее;

- большинство людей отдает предпочтение меньшему по значению результату (выигрышу), но полученному наверняка, перед большим, но вероятностным (то ли будет, то ли нет) результатом (выиграшем). Например, если группе испытуемых предложить выбор между альтернативой А — с вероятностью 0,50 получить выигрыш в 1000 руб. или с вероятностью 0,50 не получить ничего, и альтернативой В — наверняка получить 500 руб., то большинство выберет второй вариант из нежелания разочарования в случае неудачи.

### **Обратите внимание!**

Выделенные особенности психологического поведения людей, принимающих решение в условиях риска, в основном относятся к следующей составляющей стратегии принятия решений — к правилам предпочтения альтернатив.

Фактор принятия решений в условиях риска должен быть учтен в рамках дескриптивных моделей при реализации стратегий принятия решений.

Учет разных условий и особенностей принятия решений привел к формированию целого ряда частных концепций психологического поведения людей при принятии решений.

### **Справка**

В настоящее время существуют различные частные концепции, в той или иной степени описывающие отдельные аспекты общей проблемы психологического поведения людей при построении управленческих решений, — теория «ограниченной рациональности» Г. Саймона; концепция «социального выбора» К. Эрроу; «конфликтно-компромиссная» теория Б. Левинджера и Д. Шнайдер; «организационно-стилевая» теория В. Врума и У. Йетона; теория «опережающего управления» Л. Планкетта и Г. Хейла; «социотехническая концепция» Дж. Мейстера; «двухмерная модель» руководства Р. Блейка и Д. Моутон; «эвристическая модель административных решений» У. Кора; группа концепций, развитых в русле «школы принятия решений» Р. Мак, Криммон, Т. Тейлор, М. Ричарде, П. Гринлоу, Ф. Шуль, Л. Каммингс, Н. Куин и т.д.<sup>1</sup>

Многообразие частных концепций принятия решений обусловлено не только учетом разных условий и особенностей принятия решений, но и разными идеями поиска окончательного решения.

Необходимо отметить, что независимо от того, какая из этих частных концепций используется, одновременно к процессу принятия решения применяется одна из двух основных концепций — концепция максимизации полезности или концепция ограниченной рациональности. Это объясняется тем, что основные концепции отражают мнение ЛПР только по одному вопросу, который решается при использовании любой частной концепции, — желает ЛПР рассматривать все возможные альтернативы и искать оптимальную из них (концепция максимизации полезности) или

<sup>1</sup> См., например: Лапыгин Ю. Н., Лапыгин Д. Ю. Управленческие решения : учеб. пособие. М. : Эксмо, 2009. 448 с.

его устраняет поиск первой эффективной альтернативы, удовлетворяющей все его требования (концепция ограниченной рациональности).

### **Обратите внимание!**

Разнообразие условий принятия решений и требований к ним определяют множество соответствующих им психологических аспектов поведения людей при принятии решений, что, в свою очередь, обуславливает многообразие самих концепций психологического поведения людей при принятии решений.

Применение любой из частных концепций предполагает одновременное использование одной из двух основных концепций — концепции максимизации полезности или концепции ограниченной рациональности.

## **2.4. Психологические феномены**

В дескриптивных моделях принятия решений ввиду субъективного характера формирования правил предпочтения и выбора на основе них окончательного решения, ЛПР может совершать ошибки и поэтому может получать неверные результаты.

Причинами ошибок, т.е. причинами попадания ЛПР в такие психологические ловушки, могут быть следующие психологические феномены:

- феномен Ф. Ирвина<sup>1</sup>, суть которого заключается в завышении значимости и вероятности наступления желаемого результата;
- феномен позитивного сдвига риска (феномен Р. Стоунера)<sup>2</sup>, проявляющийся в том, что групповому принятию решения свойственен выбор более рискованного решения, чем индивидуальному;
- феномен «поглощения проблемой», при котором неоправданно много усилий тратится на сбор и анализ информации, что оказывается неоправданным с позиций результативности самого управленческого решения;
- феномен «универсальности альтернативы», в соответствии с которым либо из-за недостаточного профессионализма, либо ограниченности времени, либо из страха принимать новое решение в новой ситуации выбор осуществляется по шаблону, по стереотипу.

### **Обратите внимание!**

*Феномен психологического поведения человека есть вариант психологического поведения человека при формировании правил предпочтения, используемых при выборе альтернативного решения, который приводит к тому, что реальные результаты отбора альтернативы могут быть хуже ожидаемых.*

Помимо перечисленных общих существуют специфические психологические феномены, связанные с особенностями индивидуальной и групповой разработки решений.

**Специфика индивидуальной разработки решений.** Она проявляется в том, что ЛПР принимает решение на основе выбранных им правил предпочтения.

<sup>1</sup> URL: [http://mbe2009.ru/prinyatie\\_upravlenscheskikhresheniy](http://mbe2009.ru/prinyatie_upravlenscheskikhresheniy) (дата обращения: 03.08.2015).

<sup>2</sup> Там же.

### **Обратите внимание!**

При индивидуальном принятии решений правила предпочтения определяются одним человеком.

---

В соответствии с концепцией ограниченной рациональности из числа альтернативных ЛПР выбирает окончательное решение, но, осуществляя этот выбор на основе определенных правил предпочтения, ЛПР может совершить ошибку. Он может попасть в психологическую ловушку — ему кажется, что, действуя в соответствии с этими правилами предпочтения, он выбирает хороший вариант — тот, который его удовлетворяет, однако реальный результат выбора может оказаться хуже ожидаемого.

### **Обратите внимание!**

Психологическая ловушка при принятии решения на основе определенных правил предпочтения — это ситуация, при которой реальные результаты выбора могут быть хуже тех, на которые рассчитывает ЛПР, применяя эти правила. Появление психологической ловушки объясняется феноменом поведения человека при формировании им правил предпочтения и при выборе на основе них окончательного решения.

---

Для повышения эффективности использования тех или иных правил предпочтения необходимо знать о возможных психологических феноменах, которые проявляются при выборе правил предпочтения и приводят к ситуации, когда результаты применения выбранных правил при отборе альтернатив оказываются хуже ожидаемых.

Анализ поведения ЛПР при индивидуальной разработке решений выявил следующие наиболее часто встречающиеся феномены.

*Феномен доминирования первой альтернативы* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена ошибочным использованием в правилах предпочтения завышенной оценки значимости первой разрабатываемой и рассматриваемой альтернативы. Зачастую сопровождается отказом от рассмотрения других альтернатив или от переоценки значимости первой альтернативы несмотря на то, что по ней была получена дополнительная информация, обосновывающая необходимость такого пересмотра.

*Феномен реактивного сопротивления* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена активной ответной реакцией ЛПР на внешнее давление по поводу рассмотрения той или иной альтернативы, выражающейся в том, что ЛПР принимает решение в отношении альтернативы только с учетом этого давления — сопротивляется ему, иногда даже вопреки здравому смыслу.

*Феномен неадекватной оценки качества* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена ошибочным использованием в правилах предпочтения необоснованного преувеличения или преуменьшения качества альтернатив, которое зачастую определяется позитивным или негативным настроением ЛПР в момент оценки качества альтернатив.

*Феномен подтверждения* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена уверенностью ЛПР, не подтвержденной реальными данными и обстоятельствами о правильности и обоснованности выбора.

*Феномен «якоря компетентности»* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена расхождением между компетентностью ЛПР, необходимой при выборе альтернатив, и самооценкой ЛПР его компетентности (якорем компетентности).

*Феномен когнитивного резонанса* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена принятием решения, компромиссного или противоречащего знаниям, убеждениям, мнению и установкам ЛПР.

*Феномен достаточности первых операций* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена ошибочным использованием в правилах предпочтения представления о том, что определенная доля числа операций, описывающих процесс или явление, способна характеризовать весь этот процесс или явление. Этот феномен может быть также обусловлен и ограниченными возможностями человека по переработке информации.

*Феномен барьера восприятия информации* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена нежеланием или неспособностью ЛПР воспринимать новую, объемную, нежелательную информацию.

Как показывает практика, большинство феноменов психологического поведения людей, приводящих к ошибкам, связано с принятием решения в условиях риска и неопределенности.

#### **Обратите внимание!**

К решениям, принимаемым в условиях риска, относятся такие, результаты которых не являются определенными, но вероятность каждого результата известна. Вероятность определяется как степень возможности свершения данного события и изменяется от 0 до 1. Сумма вероятностей всех альтернатив должна быть равна единице.

К решениям, принимаемым в условиях неопределенности, относятся ситуации, когда невозможно оценить вероятность потенциальных результатов. Зачастую это обусловлено тем, что требующие учета факторы настолько новы и сложны, что по ним невозможно получить необходимую информацию. В итоге вероятность определенного последствия с достаточной степенью достоверности невозможно предсказать. Неопределенность характерна для некоторых решений, которые приходится принимать в быстро меняющихся обстоятельствах.

*Феномен оценки вероятностей случайных событий* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором в правилах предпочтения используются эвристические субъективные оценки исходов случайных событий и их вероятностей. Причиной возможных расхождений между реальными

и ожидаемыми результатами является применение эвристики. Тем не менее обычно принятое УР хотя и не является оптимальным, оно обеспечивает требуемую эффективность.

*Феномен репрезентативности* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена ошибочным использованием в правилах предпочтения завышенных оценок исходов и (или) вероятностей тех случайных событий, которые соответствуют личному опыту ЛПР или сложившимся стереотипам. Вариантами его проявления являются: завышение оценок частных и конкретных событий по сравнению с общими и абстрактными; ошибочное представление о том, что небольшие выборки исходов события обязательно будут обладать свойствами больших выборок; неправильное представление о том, что частота повторяющегося исхода события определяет вероятность его появления.

*Феномен доступности* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена ошибочным использованием в правилах предпочтения завышенных или заниженных вероятностей тех событий, которые каким-либо образом закрепились в памяти ЛПР. Например, ЛПР много раз получало определенную информацию в СМИ, и поэтому он на нее опирается; какая-то ситуация обсуждалась довольно часто, и поэтому показалась ЛПР самой значимой и т.д.

*Феномен иллюзии контроля* — вариант психологического поведения, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена ошибочным использованием в правилах предпочтения представления о вероятности события (повышенной для желаемого события или заниженной для нежелаемого события), основанного на желании получить предпочтительный исход и на ложной уверенности ЛПР в том, что события не выйдут из-под контроля.

*Феномен валентности* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена ошибочным использованием в правилах предпочтения завышенной вероятности положительного исхода и заниженной вероятности отрицательного исхода при неоправданно оптимистическом настрое ЛПР, а также завышенной вероятности отрицательного исхода и заниженной вероятности положительного исхода при пессимистическом настрое ЛПР.

*Феномен сложных событий* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена тем, что в правилах предпочтения завышается вероятность для события, которое надо рассматривать как произведение других событий, и занижается вероятность для события, которое надо рассматривать как сумму других событий.

*Феномен якоря* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых обусловлена ошибочным использованием в правилах предпочтения некоторого значения параметра при оценке вероятностей событий и (или) их значимостей, обусловленном привязкой мышления (якорем) к этому зна-

чению в других ситуациях и «всплывшем» этого значения в момент оценки. Например, при обсуждении темпов роста объема производства по разным предприятиям чаще всего встречалась цифра 11%, в результате чего в другой ситуации, например, при обсуждении темпов инфляции, ЛПР ошибочно использует эту же цифру.

*Феномен отношения к риску* — вариант психологического поведения ЛПР, при котором причина расхождений обусловлена ошибочным использованием в правилах предпочтения следующего отношения ЛПР к риску — в случае добровольного выбора альтернатив склонность ЛПР к риску, как правило, возрастает, а в случае принудительного выбора — уменьшается. На ошибочное отношение ЛПР к риску могут влиять также другие факторы, например, масштаб решения и степень ответственности ЛПР за принимаемое решение.

### **Обратите внимание!**

При индивидуальном формировании (разработке) управленческих решений, принимаемых ЛПР, к расхождению реальных результатов выбора альтернативы и ожидаемых может привести проявление определенных психологических феноменов.

Психологические феномены, отрицательно воздействующие на конечный результат выбора альтернативы, проявляются при формировании правил предпочтения, используемых для отбора окончательного решения, либо при выборе окончательного решения, либо в том и другом случае одновременно.

**Специфика групповой разработки решения.** Она проявляется в том, что решение по какой-то проблеме или задаче разрабатывается группой. Так как все члены группы обмениваются имеющейся информацией и принимают участие в обсуждении проблемы, имеет место сложное воздействие участников группы на процесс принятия решения. Решение в этом случае становится специфическим продуктом такого взаимодействия, однако принимается оно в соответствии с регламентом.

При групповой разработке (принятии) управленческого решения на выбор правил предпочтения и, тем самым, на выбор окончательного решения могут оказывать влияние феномены психологического поведения не только каждого отдельного члена группы, но и феномены их совместного поведения, что объясняется взаимным обменом информацией и взаимодействием членов группы при решении одной общей задачи.

Особенность групповой разработки решения состоит в том, что оно является специфическим продуктом группового взаимодействия.

Как показали исследования, причиной появления *феномена группового мышления* являются:

- необоснованный оптимизм, построенный на иллюзии неуязвимости, которую разделяет большинство членов группы, следствием чего является излишний и повышенный риск;
- стремление дать рациональное объяснение порой невыполнимому решению, чтобы только не разрушить иллюзию правоты большинства;
- навязывание группой каждому индивиду норм поведения, побуждающих ее членов игнорировать моральные последствия принимаемых решений;

- восприятие других групп как соперников (людей слабых, глупых или недостойных), что устанавливает барьеры взаимодействия с ними или ведет к конфронтации;
- давление на членов группы, выдвигающих объективные возражения и аргументы против групповых стереотипов («кто не с нами, тот против нас»);
- самоподавление инициативы индивидов группы — их готовность отбросить или преуменьшить собственные возражения, предложения даже конструктивного характера, касающиеся групповых решений (нежелание оказаться белой вороной);
- комплекс согласия с мнениями и оценками, соответствующими точке зрения большинства (все думают так, стало быть, это верно);
- появление покровителей «группового духа» — членов группы, которые защищают ее от неблагоприятной информации, способной нарушить испытываемое чувство удовлетворенности от принимаемых решений<sup>1</sup>.

### **:Обратите внимание!:**

Помимо феноменов психологического поведения каждого отдельного члена группы, отрицательно влияющих на отклонение реального результата принятия окончательного решения от ожидаемого, могут существовать феномены психологического поведения всех членов группы сразу, также отрицательно влияющие на возможность расхождения реальных результатов принятия решения и ожидаемых.

**Среда как фактор появления феноменов психологического поведения людей.** На поведение ЛПР при принятии решения также оказывает влияние и среда, в которой они принимаются. Обычно это тот микроклимат, который складывается в организации и в определенной мере влияет на поведение человека при принятии им решения. К числу факторов, описывающих среду и оказывающих влияние на поведение человека при принятии решения, можно отнести: отношение компании к потребителям, настрой, стратегию и тактику компании в достижении ее целей, социальный вклад компании в развитие общества, индивидуальные достижения членов коллектива, дух коллективизма, отношение к качеству выпускаемой продукции, систему вознаграждения, качество управления и т.д.

\* \* \*

Цель системы поддержки принятия решений — помочь лицу, принимающему решение, в том числе за счет представления ему полезной информации по методологии и особенностях принятия решений. Поэтому система поддержки принятия решения должна, по возможности, содержать общую методологическую информацию, связанную с теми особенностями принятия управленческих решений, которые обусловлены разнообразием моделей (нормативных, дескриптивных и т.п.), концепций (максимизации полезности, ограниченной рациональности и т.п.) и стратегий принятия

<sup>1</sup> *Лапыгин Ю. Н., Лапыгин Д. Ю. Управленческие решения : учеб. пособие [Электронный ресурс]. М.: Эксмо, 2009. 448 с. URL: <http://lib.rus.ec/b/363958/read> (дата обращения 03.08.2015).*

решений, в том числе, например, стратегий многокритериального выбора, а также информацию, связанную с особенностями проявления психологических аспектов поведения людей при принятии решений.

## Резюме

Процесс принятия решения может быть описан нормативной моделью, предполагающей наличие соответствующей информации и использование уже известных, заданных правил (алгоритмов) принятия решений, и дескриптивной моделью, предполагающей дефицит или избыток информации и поэтому предполагающей использование определенных правил предпочтения, обеспечивающих выбор окончательного решения (окончательной альтернативы) из числа возможных.

В рамках названных моделей могут быть реализованы разные концепции принятия решений, в том числе концепция максимизации полезности и концепция ограниченной рациональности.

Концепция принятия решения, а также правила предпочтения и способы расчета критериальных оценок определяют стратегию принятия решения как совокупность правил и действий, определяемых этими параметрами.

Так как в рамках дескриптивных моделей существенным является фактор психологического поведения, названные концепции, реализуемые в рамках дескриптивных моделей, можно рассматривать как концепции психологического поведения людей при принятии решения.

Многообразие условий принятий решений и требований, предъявляемых к ним, определяет разнообразие специальных концепций психологического поведения людей при принятии решения.

Одним из усложнений процесса принятия решения является отбор окончательного решения (окончательной альтернативы) по нескольким критериям одновременно. Решением этой проблемы является использование специальных стратегий многокритериального выбора и свертка нескольких критериев в один общий.

На процесс и результаты поиска и отбора окончательного решения в дескриптивных моделях существенное влияние оказывают психологические аспекты поведения человека при принятии решений. Их воздействие проявляется:

- в личном профиле принимаемого решения — варианте решения, отражающем особенности личности ЛПР;
- при формировании критериев и правил предпочтения альтернатив, конкретизирующих реализуемую концепцию психологического поведения ЛПР при принятии решения;
- выборе метода расчета критериальной оценки, особенно при свертке частных критериальных оценок в общую оценку, отвечающую обобщенному критерию;
- индивидуальной и групповой разработке управленческого решения, когда влияние феноменов — таких вариантов поведения людей, которые могут привести к нежелательному расхождению реальных и ожидаемых результатов, может оказаться очень существенным.

Создаваемая в целях оказания помощи ЛПР при принятии им управленческих решений система поддержки должна содержать в себе детализи-

рованную методологическую информацию, связанную с возможными моделями и концепциями принятия решений, с вариантами стратегий принятия решений, а также с теми аспектами психологического поведения людей, которые существенно влияют на содержание принимаемых им управленческих решений.

### **Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы**

1. Какая основная концепция принятия решений используется в нормативных моделях принятия решений?
2. Какая основная концепция принятия решений используется в дескриптивных моделях?
3. Что понимается под стратегией принятия решений?
4. Дайте пример стратегий многокритериального выбора, применяемых в дескриптивных моделях принятия решений.
5. Какова причина возможных ошибок в дескриптивных моделях принятия решений?
6. Каким образом обеспечивается упрощение процесса поиска окончательного решения в дескриптивных моделях, реализующих концепцию ограниченной рациональности?
7. Что такое личностный профиль принимаемого решения?
8. Назовите психологические особенности принятия решений в условиях риска.
9. Назовите примеры феноменов психологического поведения людей при индивидуальной и групповой разработке управленческого решения.

### **Темы рефератов и докладов**

1. Нормативные модели принятия решений.
2. Дескриптивные модели принятия решений.
3. Частные концепции психологического поведения людей при принятии решений и причины их использования.
4. Модели, реализующие основные концепции принятия решений.
5. Стратегия принятия решений в дескриптивных моделях.
6. Виды стратегий многокритериального выбора, применяемые при формировании решений.
7. Аспекты психологического поведения человека, оказывающие существенное влияние на процесс принятия решений.
8. Феномен психологического поведения человека при принятии решения.

### **Рекомендуемая литература**

#### *Литература на русском языке*

1. Боев, В. Д. Информационные системы и технологии в экономике и управлении / В. Д. Боев, Г. А. Ботвин. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. — 236 с.
2. Большая экономическая энциклопедия / Т. П. Варламова, И. А. Васильева, Л. М. Неганова [и др.]. — М. : Эксмо, 2008. — 816 с.
3. Волкова, В. Н. Постепенная формализация моделей принятия решений / В. Н. Волкова. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. — 120 с.
4. Дик, В. Р. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки / В. В. Дик. — М. : Финансы и статистика, 2000. — 300 с.

5. *Лапыгин, Ю. Н.* Управленческие решения : учеб. пособие / Ю. Н. Лапыгин, Д. Ю. Лапыгин. — М. : Эксмо, 2009. — 448 с.
6. *Лифшиц, А. С.* Управленческие решения : учеб. пособие / А. С. Лифшиц. — М. : КноРус, 2009. — 248 с.
7. *Орлов, А. И.* Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений : учебник / А. И. Орлов. — М. : КноРус, 2013. — 576 с.
8. *Пономарев, И. П.* Принятие управленческого решения / И. П. Пономарев. — М. : Макс-Пресс, 2005.
9. *Смирнов, Э. А.* Управленческие решения : учеб. пособие / Э. А. Смирнов. — М. : ИНФРА-М, 2001. — 264 с.
10. *Фатхутдинов, Р. А.* Управленческие решения : учебник. — 6-е изд., перераб. и доп. / Р. А. Фатхутдинов. — М. : ИНФРА-М, 2009. — 344 с.
11. *Филинов, Н. Б.* Разработка и принятие управленческих решений : учеб. пособие / Н. Б. Филинов. — М. : ИНФРА-М, 2010. — 308 с.

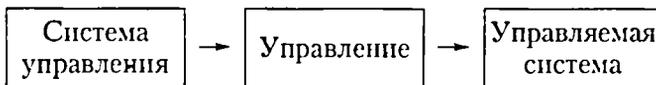
#### *Интернет-источники*

1. *Орлов, А. И.* Теория принятия решений : учебник [Электронный ресурс] / А. И. Орлов. — М. : Экзамен, 2006. URL: <http://www.aup.ru/books/m157/> (дата обращения 03.08.2015).
2. *Уемов, А. И.* Системный подход и общая теория систем [Электронный ресурс] / А. И. Уемов — М. : Мысль. Редакция философской литературы, 1978. — 290 с. URL: [http://publ.lib.ru/ARCHIVES/U/UEMOV\\_Avenir\\_Ivanovich/\\_Uemov\\_AI.html#010](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/U/UEMOV_Avenir_Ivanovich/_Uemov_AI.html#010) (дата обращения 03.08.2015).
3. *Von Bertalanffy, L.* General System Theory [Электронный ресурс] / L. von Bertalanffy // A Critical Review. «General Systems». 1962. Vol. VII. P. 1–20 / пер. Н. С. Юлиной. URL: <http://www.evolbiol.ru/bertalanfi.htm> (дата обращения 03.08.2015).

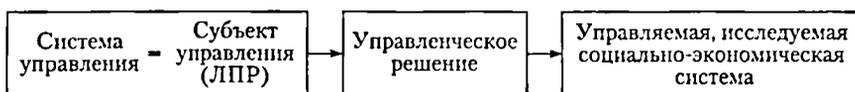
# Глава 3

## ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИКИ УПРАВЛЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

В общем случае взаимодействие системы управления и управляемой социально-экономической системы<sup>1</sup> определяется следующим соотношением:



В целях создания системы поддержки принятия решений в отношении управляемой исследуемой системы в качестве системы управления рассматривается следующий субъект — лицо, принимающее решение. Воздействие системы управления в лице ЛПР на управляемую систему, осуществляемое на основе управленческого решения, определяет взаимосвязь системы управления и управляемой системы (рис. 3.1).



*Рис. 3.1. Схема воздействия системы управления в лице ЛПР на управляемую систему*

### **Обратите внимание!**

С позиций системного подхода управленческое решение является воздействием системы управления на управляемую систему.

Целью управления любой системой является реализация цели ЛПР в отношении нее. А так как воздействие на систему осуществляется через конкретное УР, его цель совпадает с целью ЛПР:

$$\text{Цель УР} = \text{Цель ЛПР.}$$

Так как объект управления «исследуемая управляемая система» (ИУС) конкретизируется в объект управления «совокупность изменяемых характеристик, описывающих ИУС», представленное соотношение может быть преобразовано, что показано на рис. 3.2.



*Рис. 3.2. Преобразованная схема воздействия системы управления в лице ЛПР на исследуемую управляемую систему*

<sup>1</sup> В данном учебнике рассматриваются в основном социально-экономический системы.

Ниже остановимся на рассмотрении факторов, определяющих основные параметры управления и оказывающих влияние на управленческое решение, которое (влияние) может быть учтено при формировании УР и выборе соответствующего ему метода принятия решений (МПР).

Однако прежде чем перейти к конкретному изложению этих вопросов, более подробно остановимся на содержании и связи этапа 1 «Определение цели УР и конкретизация реализующих ее критериев» и этапа 2 «Разработка управленческого решения» упрощенной модели жизненного цикла отдельного управленческого решения.

Содержание этапа 1 предполагает формулировку цели УР и ее конкретизацию в виде некоторых частных критериев. На основе выделенных частных критериев содержание 2-го этапа предполагает формирование альтернативных управленческих решений. Для их построения кроме частных критериев дополнительно используется набор характеристик, описывающих систему (объект управления) и отвечающих выбранному критерию, а также информация, связанная с необходимыми исходными данными, и информация по условиям применения различных методов принятия решений (рис. 3.3).

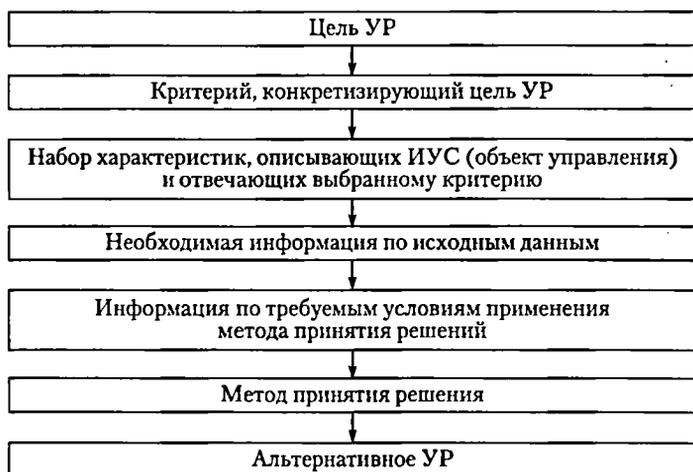


Рис. 3.3. Взаимосвязь параметров, описывающих процесс построения отдельного управленческого решения

Эта взаимосвязь будет учитываться при рассмотрении факторов, определяющих основные параметры управления и оказывающих влияние на УР.

### 3.1. Факторы, определяющие специфику исследуемой управляемой системы и оказывающие влияние на другие параметры управления

Фактором Ф-1, оказывающим влияние на содержание ИУС, является вид исследуемой управляемой системы — социально-экономическая, техническая, биологическая и т.п. (рис. 3.4). Спецификой социально-экономической системы является то, что в ней как обязательный элемент присутствует человек, который может иметь свои интересы в отношении исследуемой управляемой системы, обусловленные его общественным и экономическим

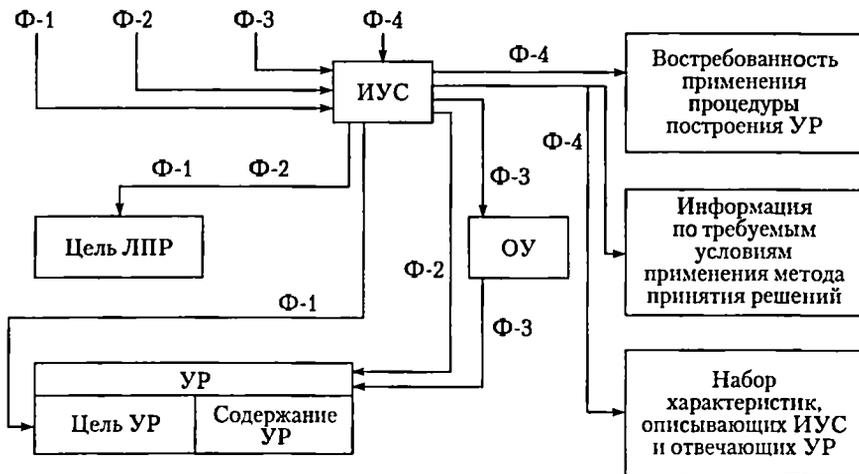


Рис. 3.4. Схема взаимосвязи факторов, влияющих на ИУС и другие параметры управления

статусом. При этом интересы человека определяют его поведение, которое становится субъективным фактором, влияющим на функционирование управляемой системы.

Через ИУС этот фактор влияет и на другие параметры управления — на цель ЛПР и через нее — на цель и содержание УР (см. рис. 3.4).

**Обратите внимание!**

1. На содержание ИУС влияет фактор Ф-1 — вид исследуемой управляемой системы.
2. Влияние вида ИУС как фактора, определяющего ее специфику, на другие параметры управления (на цель ЛПР и на УР), проявляется в том, что при формировании цели ЛПР и при разработке управленческих решений для социально-экономических систем должен учитываться субъективный внутренний фактор функционирования исследуемой системы — поведение людей, оказывающее влияние на ИУС.

Существенное влияние на содержание ИУС оказывает фактор Ф-2 — специфика предметной области, в рамках которой функционирует исследуемая система (см. рис. 3.4). Предметная область дает возможность выделить конкретные характеристики, описывающие исследуемую систему. В числе возможных конкретных исследуемых социально-экономических систем, выделенных по признаку «предметная область», можно назвать, например, систему налогового государственного регулирования, систему распределения ресурсов отдельной отрасли.

Через взаимодействие ИУС с другими параметрами управления этот фактор оказывает влияние на цель ЛПР и через нее — на цель и содержание УР (см. рис. 3.4).

**Обратите внимание!**

1. На содержание ИУС влияет фактор Ф-2 — предметная область, к которой относится исследуемая управляемая система.

2. Влияние предметной области как фактора, определяющего специфику ИУС, на другие параметры управления проявляется в том, что предметная область конкретизирует цель ЛПР, а также цель и содержание УР с учетом ее особенностей<sup>1</sup>.

Еще одним фактором – фактором Ф-3, оказывающим существенное влияние на содержание ИУС, является сложность ИУС (см. рис. 3.4).

Через взаимодействие ИУС с другими параметрами управления этот фактор оказывает влияние на объект управления как конкретное представление ИУС, а также на формирование цели ЛПР в отношении исследуемой системы и, тем самым, – на формирование цели и содержание формируемого УР (см. рис. 3.4, 3.5).

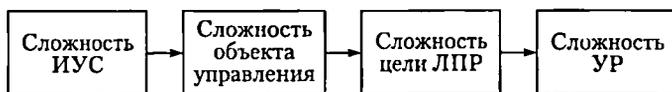


Рис. 3.5. Влияние фактора сложности ИУС на остальные параметры управления

Для вновь создаваемой управляемой системы ее сложность обусловлена спецификой реализуемого управленческим решением проекта, для функционирующих ИУС – их технологическими особенностями.

Сложность исследуемой системы определяет сложность объекта управления как совокупности характеристик, описывающих ее. Естественно, что в свою очередь сложность объекта управления влияет на содержание цели субъекта управления (ЛПР), а также на цель и содержание соответствующего управленческого решения. Чем сложнее управляемый объект, тем сложнее для ЛПР определиться с целью в отношении него. По этой причине в состав лиц, принимающих решение, может быть включено больше специалистов. При этом сами управленческие решения также могут быть комплексными, предполагающими для их реализации разработку и внедрение целого ряда других УР.

В зависимости от того, каким набором действий может быть реализовано принимаемое управленческое решение, все УР по признаку комплексности могут быть разделены на две большие группы – на простые, не требующие для своей реализации других управленческих решений, и сложные, предполагающие предварительную реализацию других, предшествующих им УР.

При работе со сложными управленческими решениями необходимо каждое из них представить в виде совокупности всех взаимосвязанных простых и сложных УР, предшествующих ему.

#### **Обратите внимание!**

1. На содержание ИУС влияет фактор Ф-3 – ее сложность.
2. Влияние сложности ИУС как фактора, определяющего специфику ИУС, на другие параметры управления проявляется в том, что она определяет сложность, комплексность объекта управления, представляющего собой конкретизацию ИУС, цели ЛПР, а также цели и содержания УР.

<sup>1</sup> Под содержанием УР в данном случае понимается набор характеристик, описывающих ИУС и требующих своего изменения в соответствии с целью ЛПР в отношении ИУС.

Заметим, что влияние выделенных трех факторов, определяющих специфику ИУС, на формирование УР является опосредованным — через цель ЛПР в отношении исследуемой управляемой системы (рис. 3.6).

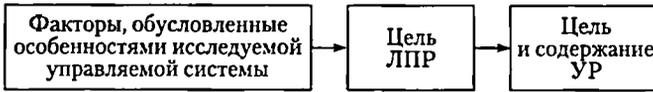


Рис. 3.6. Влияние факторов, определяющих специфику ИУС, на формирование УР

Существенное влияние на содержание ИУС оказывает фактор Ф-4 — вариант изменения характеристик, описывающих эту систему, во времени (см. рис. 3.4). Функционирование ИУС может предполагать постоянство значений характеристик, описывающих ее, или возможность изменения их во времени. Последнее характерно для ИУС, реализующих определенный процесс, протекающий во времени.

Данная специфика ИУС непосредственно влияет на выбор метода принятия УР. В первом случае характеристики, описывающие систему, принимают дискретные значения, и им отвечают дискретные методы принятия решений. Во втором случае характеристики изменяются непрерывно, поэтому им отвечают непрерывные методы принятия решений (см. рис. 3.4).

Вариант изменения характеристик, описывающих эту систему во времени, также оказывает большое влияние на такой параметр управления, как востребованность применения процедуры построения отдельного управленческого решения.

При управлении исследуемой системой возникает вопрос, а как часто необходимо заново строить управленческое решение, реализующее уже известную цель ЛПР в отношении этой системы. Ответ на данный вопрос, прежде всего, зависит от специфики самой исследуемой системы, определяемой вариантом изменения характеристик, описывающих эту систему во времени.

Если система только создается и она реализуется на основе определенного проекта, управленческое решение связано именно с этим проектом. Поэтому, как только проект реализован, потребность в построении нового управленческого решения, связанного с реализацией именно этого проекта, исчезает. Это означает, что УР является специальным решением, и это обуславливает разовый характер применения процедуры построения управленческого решения (см. рис. 3.4).

Однако при функционировании системы такая потребность может возникнуть вновь. При этом, если система описывается набором характеристик, значения которых при ее функционировании предполагаются постоянными, потребность в построении нового УР возникает в определенные моменты времени, когда система по каким-то причинам перестает соответствовать цели ЛПР в отношении нее (см. рис. 3.4). Если же система описывается набором характеристик, значения которых при ее функционировании меняются во времени, контроль за состоянием системы нужен постоянный, и потребность в построении УР возникает сразу, как только значения изменяющихся во времени характеристик становятся неудовлетворительными, т.е. перестают отвечать цели ЛПР в отношении этой системы (см. рис. 3.4).

### **Обратите внимание!**

Если исследуемая управляемая система реализует определенный процесс, протекающий во времени, значения характеристик, описывающих ее, могут меняться во времени. Поэтому контроль за поведением исследуемой системы нужен всегда, а потребность в использовании процедуры построения УР может быть практически постоянной.

Востребованность в использовании процедуры построения управленческого решения определяется также и тем, что процедура построения УР на основе схемы его жизненного цикла первоначально предполагает формирование альтернативных управленческих решений, а затем уже — выбор из них окончательного решения<sup>1</sup>. Поэтому построение каждого альтернативного варианта УР предполагает использование процедуры построения УР, причем столько раз, сколько альтернативных решений будет строиться для выбора окончательного варианта.

### **Обратите внимание!**

1. На содержание ИУС влияет фактор Ф-4 — вариант изменения во времени характеристик, описывающих систему.
2. Влияние варианта изменения во времени характеристик, описывающих эту систему, как фактора, определяющего особенности ИУС, на другие параметры управления проявляется в том, что он влияет на набор характеристик, описывающих ИУС и отвечающих частному критерию, конкретизирующему цель УР, при построении альтернативных УР. Дополнительно он определяет специфику (условия) методов принятия управленческих решений и востребованность применения процедуры построения УР при управлении данной исследуемой системой.

## **3.2. Факторы формирования цели лица, принимающего решение**

Как было показано при анализе факторов, определяющих специфику ИУС и влияющих на другие параметры управления, на содержание цели ЛПР влияют следующие факторы (рис. 3.7):

- Ф-1 — вид исследуемой управляемой системы;
- Ф-2 — предметная область, к которой относится исследуемая управляемая система;
- Ф-3 — сложность исследуемой управляемой системы.

Ниже определим, какие еще факторы, обусловленные самим процессом управления, определяют специфику содержания цели ЛПР, и как они через нее влияют на другие параметры управления.

Одним из факторов, влияющих на содержание цели ЛПР в отношении ИУС и, тем самым, влияющих на цель и содержание соответствующего УР, является фактор Ф-5 — временной горизонт формулировки цели ЛПР (см. рис. 3.7).

### **Определение**

Временной горизонт формулировки цели ЛПР в отношении ИУС — период времени функционирования исследуемой управляемой системы, в рамках которого формулируется цель ЛПР.

<sup>1</sup> См. параграф учебника о формировании управленческого решения на основе его жизненного цикла.



Рис. 3.7. Факторы, влияющие на цель ЛПР и другие параметры управления

Так как цель ЛПР должна быть реализована на основе управленческого решения и цель УР должна совпадать с целью лица, принимающего решение, как цель, так и содержание УР должны учитывать состояние ИУС на весь выбранный временной горизонт формулировки цели ЛПР.

### «Определение»

Период времени функционирования исследуемой системы, с учетом которого вырабатывается УР, носит название горизонта планирования управленческого решения.

**Пример влияния горизонта формулировки цели ЛПР на содержание самой цели ЛПР** в отношении исследуемой управляемой системы и, тем самым, — на содержание соответствующего УР.

В старом доме на заднем дворе есть развалившаяся дверь, которая уже давно не используется. Через нее осенью и зимой в дом поступает холод. Что делать?

**Ситуация 1.** Рассматриваем развалившуюся дверь только как источник холода. Интерес ЛПР — избавление от холода. Никаких других интересов у ЛПР, связанных с этой дверью, нет. Поэтому принимаемое на данный момент решение — дверь убрать совсем (она не используется) и возникший проем заделать. В данном случае горизонт планирования — нулевой, решение принимается на текущий момент.

**Ситуация 2.** Если временной горизонт формулировки цели ЛПР расширить, например, до трех лет, это может изменить ситуацию с принятием решения в отношении двери. Допустим, что стало известно о реконструкции придворовых территорий, в соответствии с которой будут даваться маленькие садовые участки. Выход на такой участок будет возможен через старую дверь. Интересы ЛПР в рамках 3-летнего временного горизонта формулировки цели ЛПР будут уже следующими: сохранить эту дверь на будущее для возможности выхода в садик. Принятым решением в отношении изучаемого объекта (двери), учитывающим новое содержание интересов ЛПР, является ремонт двери, причем такой, который учитывает возможность ее использования в будущем для выхода в сад.

Так как цель ЛПР определяет цель УР, временной горизонт формулировки цели ЛПР определяет горизонт планирования формируемого управленческого решения. Этот же горизонт планирования используется и при построении альтернативных УР, из числа которых выбирается итоговое решение.

**Обратите внимание!**

1. На содержание цели ЛПР влияет фактор Ф-5 – временной горизонт формулировки цели ЛПР.
  2. Этот фактор должен учитываться при формулировке самой цели ЛПР в отношении ИУС (объекта управления).
  3. Его влияние на другие параметры управления проявляется в том, что в соответствии со значениями этого фактора определяется горизонт планирования общей цели соответствующего УР, а также частных критериев и содержания альтернативных УР, на основе которых формируется итоговое решение.
- 

На цель лица, принимающего решение в отношении ИУС (объекта управления), оказывает влияние фактор Ф-6 – соотношение интересов ЛПР по управляемой системе (объекту управления) с целями создания и (или) функционирования управляемой системы (см. рис. 3.7). Интересы ЛПР в отношении объекта управления, являющегося конкретизацией ИУС, могут совпадать, а могут и не совпадать с целями создания и (или) функционирования управляемой системы.

Если интересы ЛПР совпадают с целью создания и (или) функционирования исследуемой системы, цель управленческого решения также совпадает с целью создания и (или) функционирования системы.

Факт совпадения или несовпадения целей ЛПР в отношении системы и целей создания и (или) функционирования самой ИУС оказывает влияние на оценку эффективности УР, направленного на достижение цели ЛПР. При совпадении цели лица, принимающего решение, по отношению к управляемой системе с целью ИУС, оценка эффективности управленческого решения покажет его результативность по поводу реализации как цели ЛПР в отношении системы, так и цели создания и (или) функционирования самой системы.

Если же интересы ЛПР не совпадают с целью создания и (или) функционирования ИУС, цель управленческого решения также не совпадает с целью создания и (или) функционирования системы. Оценка эффективности управленческого решения в данном случае покажет его результативность по поводу реализации цели ЛПР в отношении системы, но не отразит его результативность в отношении цели создания и (или) функционирования самой системы.

Вариант противоречивости интересов лица с целями создания и (или) функционирования самой ИУС возможен, однако чаще всего ЛПР заинтересован в сохранении ИУС и (или) таком ее развитии, которое обеспечивает реализацию ее целей и целей ЛПР одновременно.

**Обратите внимание!**

Цель управленческого решения всегда совпадает с целью ЛПР в отношении исследуемой системы.

Соотношение цели ЛПР и цели самой исследуемой системы влияет на содержание УР и оценку его эффективности.

---

Так как управленческое решение, отвечающее цели ЛПР, является результатом его отбора из числа альтернативных решений, оценка эффективности должна проводиться по каждому из них, и ее результат должен учитываться при выборе окончательного, итогового варианта.

1. На содержание цели ЛПР влияет фактор Ф-6 — соотношение интересов ЛПР по ИУС (объекту управления) и целей создания и (или) функционирования ИУС.
2. Этот фактор должен учитываться при формулировке самой цели ЛПР в отношении ИУС (объекта управления).
3. Его влияние на другие параметры управления проявляется в том, что он должен учитываться при оценке эффективности альтернативных УР и выборе окончательного из них.

Следующим фактором, оказывающим влияние на содержание цели ЛПР, является наличие субъектов (вне ИУС и в самой ИУС), имеющих свои интересы в отношении исследуемой управляемой системы (объекта управления) (см. рис. 3.7).

В случае, когда в отношении ИУС помимо интересов ЛПР существуют интересы других субъектов (являющихся элементами системы или находящимися вне ее), они (интересы других субъектов) могут находиться в разном соотношении с интересами ЛПР относительно ИУС. Интересы других субъектов в отношении ИУС могут совпадать с интересами и целью ЛПР, могут иметь одинаковое с ними направление, а могут и противоречить интересам ЛПР.

Присутствие помимо ЛПР других субъектов, имеющих интересы, соприкасающиеся с интересами ЛПР, чаще всего характерно для сложных объектов управления, являющихся конкретизацией ИУС.

*Примером* объекта управления, конкретизирующего национальную систему вооруженных сил, является военная база, которая должна быть создана. Для реализации проекта ее строительства должно быть сформировано УР, отвечающее цели ЛПР в отношении этого объекта — строительство военной базы. Лицом, принимающим решение в отношении строительства военной базы, может быть председатель правительства РФ. Помимо ЛПР можно указать другие субъекты, также имеющие в отношении военной базы определенные интересы. Это могут быть военное ведомство, дорожные компании, торговые организации, организация общественного питания, лесничество территории, где намечается строительство военной базы, территориальные органы здравоохранения, региональная служба охраны водных ресурсов, региональная служба охраны лесных ресурсов.

В общем случае соотношение интересов всех субъектов в отношении объекта управления может быть самым разнообразным (рис. 3.8):

- 1) интересы других субъектов одинаковы, и они совпадают с интересами ЛПР (см. рис. 3.8, столбец 1);
- 2) интересы других субъектов одинаковы, они не совпадают с интересами ЛПР, но имеют одинаковое направление с ними (см. рис. 3.8, столбец 2);
- 3) интересы других субъектов одинаковы, и они противоречат интересам ЛПР (см. рис. 3.8, столбец 3);
- 4) все интересы других субъектов разбиваются на три группы: в первую группу входят интересы других субъектов, совпадающие с интересами ЛПР; во вторую — однонаправленные с интересами ЛПР; в третью — противоречивые интересам ЛПР (см. рис. 3.8, столбец 4).

Направления интересов ЛПР				
№	1	2	3	4
Возможные варианты направленности интересов других субъектов в отношении ИУС (объекта управления)				   

**Рис. 3.8. Варианты направленности интересов субъектов, заинтересованных в объекте управления:**

—————> сплошная стрелка указывает на интересы субъекта, совпадающие с интересами ЛПР;  
 - - - - -> прерывистая стрелка указывает на интересы другого субъекта, однонаправленные с интересами ЛПР; - · - · - ·> штриховая стрелка указывает на интересы другого субъекта, противоречивые интересам ЛПР

В представленном выше примере имеет место ситуация 4. Действительно, с интересом правительства (ЛПР) о создании военной базы совпадают интересы военного ведомства (военное ведомство формирует группу 1 других субъектов). Однонаправленными с интересами ЛПР являются интересы дорожной компании, торговых организаций, организаций общественного питания, их не интересует сама по себе военная база, но при ее строительстве они все получают дополнительный объем работ (названные субъекты формируют группу 2 других субъектов). Противоречивым интересам ЛПР являются интересы лесничества территории, где намечается строительство военной базы, интересы территориальных органов здравоохранения, интересы региональной службы охраны водных ресурсов и региональной службы охраны лесных ресурсов (названные субъекты формируют группу 3 других субъектов). Все названные субъекты не заинтересованы в строительстве военной базы по следующим причинам. Лесничество до строительства военной базы использовало эту территорию как питомник для выращивания хвойных пород деревьев. Органам здравоохранения ранее обещали на этой территории построить санаторий. Органы региональной службы охраны водных ресурсов и региональной службы охраны лесных ресурсов предполагают, что строительство военной базы нанесет ущерб как водным, так и лесным ресурсам.

**Обратите внимание!**

Направление интересов других (кроме ЛПР) субъектов, заинтересованных в объекте управления, может совпадать или противоречить направлению интересов ЛПР.

Наличие кроме ЛПР других субъектов, имеющих интересы в отношении ИУС (объекта управления), может быть учтено в формулировке самой цели ЛПР в отношении объекта управления, в соответствующей ей общей цели УР, а также при формировании альтернативных управленческих решений, из числа которых выбирается итоговое решение, отвечающее реализации цели ЛПР. Присутствие других субъектов при формировании альтернатив-

ных управленческих решений может быть учтено при формулировке частных критериев, конкретизирующих общую цель УР, и при отборе характеристик объекта управления, отвечающих каждому из них.

---

**Обратите внимание!**

---

1. На содержание цели ЛПР влияет фактор Ф-7 — наличие субъектов, имеющих свои интересы в отношении исследуемой управляемой системы (см. рис. 3.8).
  2. Этот фактор должен учитываться при формулировке самой цели ЛПР в отношении ИУС (объекта управления).
  3. Его влияние на другие параметры управления проявляется в том, что он должен учитываться при формулировке цели соответствующего УР, а также при построении альтернативных УР, в частности, при формировании частных критериев, конкретизирующих цель УР, и при отборе характеристик, описывающих объект управления и отвечающих соответствующим частным критериям.
- 

Поведение ЛПР по учету интересов других субъектов в отношении объекта управления также может быть разным. Решение по управленческому решению в отношении управляемого объекта, принимаемое на основе интересов субъектов, заинтересованных в объекте управления, он может принимать:

- только на основе собственных интересов;
- с полным или частичным учетом однонаправленных интересов;
- полным или частичным учетом противоречивых интересов;
- полным или частичным учетом однонаправленных и противоречивых интересов.

На представленном примере это может быть продемонстрировано следующим образом:

- ЛПР примет решение о строительстве военной базы без учета мнений других субъектов, т.е. не будет принимать во внимание интересы других субъектов, связанные с военной базой;

- ЛПР примет решение о строительстве военной базы с учетом части или всех только однонаправленных интересов. В представленном примере — с учетом интересов других субъектов (дорожной компании, торговых организаций, организаций общественного питания). Заметим, что интерес военного ведомства совпадает с интересом правительства, поэтому не требует отдельного рассмотрения;

- ЛПР примет решение о строительстве военной базы с учетом части или всех противоречивых интересов. В представленном примере — с учетом части или всех интересов лесничества территории, где намечается строительство военной базы; территориальных органов здравоохранения; региональной службы охраны водных ресурсов и региональной службы охраны лесных ресурсов;

- ЛПР примет решение о строительстве военной базы с учетом части или всех как однонаправленных, так и противоречивых интересов.

---

**Обратите внимание!**

---

ЛПР может по-разному учитывать интересы других субъектов в отношении ИУС.

---

Возможное наличие нескольких субъектов, заинтересованных в объекте управления, разных вариантов направленности их интересов, а также раз-

личное поведение ЛПР по учету интересов заинтересованных субъектов обосновывают обязательность рассмотрения проблемы согласования интересов субъектов в отношении управляемого объекта.

### **Определение**

Под *полным согласованием интересов всех субъектов, заинтересованных в ИУС (в объекте управления)*, осуществляемом лицом, принимающим решение, понимается процесс:

- определения других, кроме ЛПР, субъектов, имеющих интерес к объекту управления;
- анализа интересов заинтересованных субъектов в отношении объекта управления;
- отбора всех односторонних с интересами ЛПР (непротиворечивых) интересов других субъектов;
- отбора всех противоречивых интересов других субъектов и выработки по ним мер, механизмов, рычагов, которые либо снимают противоречивость интересов совсем, либо уменьшают ее до минимально возможного уровня;
- учета всех односторонних и оставшихся противоречивых интересов других субъектов в цели ЛПР относительно исследуемой управляемой системы (относительно объекта управления), а также в цели и содержании соответствующего управленческого решения.

Результатом полного согласования интересов в отношении исследуемой управляемой системы, осуществляемого ЛПР, являются новые формулировки цели ЛПР, цели УР и его содержания. Полное согласование интересов всех субъектов в отношении объекта управления должно быть направлено на реализацию целей ЛПР в отношении ИУС (объекта управления), на повышение эффективности деятельности других субъектов, заинтересованных в объекте управления, и на разрешение проблем для субъектов, первоначально имеющих интересы, противоречивые с интересами ЛПР. Естественно, что не всегда ЛПР учитывает все интересы других субъектов в отношении исследуемой управляемой системы. В этом случае можно говорить о частичном или неполном согласовании интересов, которое, в свою очередь, также отражается в новой формулировке целей ЛПР и УР и в содержании УР.

### **Обратите внимание!**

1. Наличие субъектов, как являющихся элементами исследуемой системы, так и не являющимися таковыми, имеющих свои интересы в отношении исследуемой управляемой системы (объекта управления), предполагает со стороны ЛПР обязательность решения вопроса о согласовании интересов этих субъектов с целями ЛПР в отношении исследуемой системы.
2. Согласование интересов других субъектов с интересами ЛПР, осуществляемое ЛПР, может привести к новой формулировке цели ЛПР и поэтому — к новой формулировке цели УР, определяющей его содержание.
3. Полное согласование интересов предполагает учет в формулировке цели и в содержании УР всех интересов субъектов, связанных с объектом управления, а неполное — частичный учет их интересов или полное игнорирование чужих интересов.
4. Степень согласования интересов определяется приоритетами ЛПР и характеризует полноту охвата интересов субъектов, связанных с объектом управления.

**Пример согласования интересов и его влияния на эффективность деятельности других субъектов.**

Допустим, что ЛПР принимает решение о полном согласовании интересов (однонаправленных и противоречивых) всех субъектов в отношении объекта управления, т.е. в отношении проекта по строительству военной базы. Это означает, что хотя первоначальной целью управленческого решения было строительство военной базы (объектом управления является проект по ее строительству), в случае полного согласования интересов субъектов в отношении объекта управления и цель, и само УР дополнительно должны предполагать решение следующих задач:

- строительство дорог и подъездных путей к военной базе — для этого может быть привлечена заинтересованная дорожная компания (учет однонаправленных интересов);
- формирование торговой инфраструктуры и организаций общественного питания — также с привлечением торговых организаций и организаций общественного питания (учет однонаправленных интересов);
- перенос питомника для выращивания хвойных пород деревьев с территории, занимаемой под военную базу, на новую территорию (учет противоречивых интересов);
- решение вопроса о новом месте строительства санатория (учет противоречивых интересов);
- решение вопросов охраны водных и лесных ресурсов санатория (учет противоречивых интересов).

Решение задач, выделенных на основе изучения однонаправленных и противоречивых интересов других субъектов в отношении объекта управления, следовательно, влияет на эффективность функционирования субъектов.

Учет интересов дорожной компании, торговых организаций, организаций общественного питания и их привлечение к реализации проекта за счет объединения усилий снизят общие затраты на проект, которые в сумме должны были нести субъект управления (ЛПР) и другие названные субъекты, если бы они не согласовали свои интересы. При этом за счет привлечения названных субъектов на уровне ЛПР будет иметь место повышение как экономической эффективности по реализуемому проекту, так и социально-экономической эффективности этого проекта (реализация проекта дополнительно будет включать создание соответствующей социальной инфраструктуры). Аналогично, за счет объединения усилий будет иметь место повышение экономической эффективности деятельности других, кроме ЛПР, субъектов, имеющих интересы в отношении объекта управления, однонаправленные с ЛПР.

В отношении субъектов, имеющих первоначально интересы, противоречивые интересам ЛПР, можно отметить следующее. Согласование противоречивых интересов за счет разработки соответствующих мер, если и не повысит социальную эффективность этих мер (питомник для выращивания хвойных пород деревьев был раньше, но позднее он появится на новой территории; обещанный санаторий будет построен, но на новой территории; вопросы охраны водных и лесных ресурсов как решались, так и будут решаться дальше), то и не снизит ее. Что же касается влияния на экономическую эффективность разработки и внедрения управленческого решения, включающего затраты по реализации мер, направленных на согласование противоречивых интересов, то в общем случае она (реализация мер) может снизить экономическую эффективность, так как для осуществления всего комплекса названных мер могут понадобиться дополнительные средства.

Именно поэтому в данном случае во внимание должны приниматься приоритеты ЛПР: что для него более важно — проведение согласования противоречивых интересов в целях повышения социальной эффективности даже за счет

снижения экономической эффективности реализации управленческого решения, или просто экономическая эффективность отдельного внедряемого УР.

**Обратите внимание!**

При окончательной формулировке цели ЛПР, а также цели и содержания УР необходимо учитывать степень согласования интересов.

Как уже было отмечено выше, процедура принятия итогового УР на основе схемы его жизненного цикла предполагает его формирование на основе построения и анализа альтернативных управленческих решений.

Поэтому при построении частных критериев, конкретизирующих общую цель УР, определяемую целью ЛПР, и при формировании отвечающих им альтернативных УР, используемых для выбора итогового УР, могут рассматриваться разные варианты согласования интересов всех субъектов, заинтересованных в отношении объекта управления.

**Обратите внимание!**

Разная степень согласования интересов может учитываться при формировании альтернативных управленческих решений, используемых при выборе окончательного, итогового варианта УР.

Поэтому вариант согласования интересов других субъектов с интересами ЛПР в отношении ИУС может учитываться в формулировке частного критерия, реализующего цель УР, совпадающую с целью ЛПР, а также в содержании набора характеристик, описывающих объект управления и отвечающих выбранному частному критерию. Он может обеспечиваться и использованием определенного метода принятия решений. Процессы согласования интересов, формулировки цели управленческого решения, отбора характеристик и выбора метода принятия УР могут быть объединены, например, за счет применения определенных экономико-математических и инструментальных методов принятия решений.

Заметим, что варианты учета интересов других субъектов в отношении ИУС могут различаться между собой, например, при определении цели ЛПР в отношении объекта управления и общей цели УР, реализующего эту цель, и при формировании альтернативных управленческих решений, — при построении частных критериев, конкретизирующих общую цель УР, определении набора характеристик, описывающих объект управления, при выборе метода принятия решения.

**Обратите внимание!**

1. На содержание цели ЛПР влияет фактор Ф-8 — вариант учета интересов других субъектов в отношении исследуемой управляемой системы (см рис. 3.7).
2. Этот фактор должен учитываться при формулировке самой цели ЛПР в отношении ИУС (объекта управления).
3. Его влияние на другие параметры управления проявляется в том, что он должен учитываться при формулировке общей цели УР, а также при формулировке частных критериев, конкретизирующих общую цель УР; при определении наборов характеристик ИУС, отвечающих выбранным частным критериям; при выборе соответствующих методов принятия решений.

Проблема согласования интересов должна осуществляться либо самим ЛПР, либо от его имени. Это обусловлено тем, что при выборе управленческого решения в отношении объекта управления в первую очередь во внимание должны приниматься его интересы. Это означает, что ЛПР самостоятельно определяет содержание фактора Ф-8 (вариант учета интересов других субъектов в отношении ИУС) при формировании цели ЛПР в отношении ИУС и цели соответствующего УР. Также ЛПР самостоятельно определяет содержание этого фактора при формировании альтернативных управленческих решений — при формулировке частных критериев, конкретизирующих общую цель УР, при определении набора соответствующих характеристик, описывающих ИУС (объект управления), и при выборе метода принятия решения.

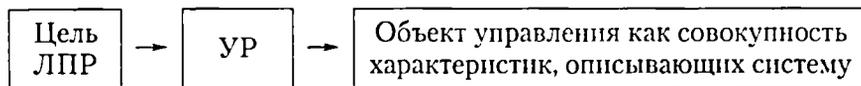
### **Обратите внимание!**

Содержание фактора Ф-8 определяет ЛПР. При этом оно может быть различным при формулировке цели ЛПР в отношении ИУС (объекта управления) и общей цели УР, а также при формировании альтернативных управленческих решений.

Так как в соответствии с процедурой построения отдельного УР на основе его жизненного цикла итоговое УР выбирается из числа альтернативных, окончательная формулировка принимаемого УР в общем случае практически не будет совпадать с первоначальной формулировкой цели УР, совпадающей с целью ЛПР в отношении ИУС. Однако она будет отвечать ей, т.е. не будет противоречить ей, так как частный критерий, связанный с выбранным итоговым УР, конкретизирует первоначальную цель УР.

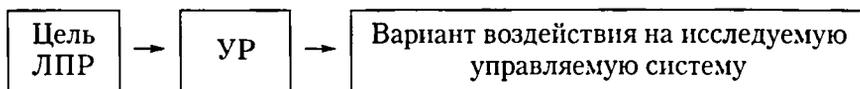
Задача реализации цели ЛПР в отношении ИУС предполагает определенное воздействие на ИУС (объект управления).

Как уже отмечалось выше, в общем случае объектом управления является ИУС, которая описывается совокупностью определенных характеристик (данных), описывающих ее состояние, т.е. описывающих элементы, формирующие исследуемую систему, и их взаимосвязи. Именно поэтому конкретным объектом управления становится набор характеристик, описывающих систему и требующих их изменения для реализации цели ЛПР в отношении исследуемой системы:



Из всего набора характеристик (данных), описывающих исследуемую систему, ЛПР интересуют те, которые связаны с его целями в отношении исследуемой управляемой системы. В том случае, когда значения этих характеристик не отвечают реализации цели ЛПР, задачей ЛПР является формирование управленческого решения, отвечающего его цели. Тем не менее понятно, что не всегда только изменение уже выбранных для описания системы характеристик может обеспечить ЛПР реализацию его целей. В определенных случаях необходим пересмотр самого набора характеристик, описывающих систему, а затем уже — изменение значений их для достижения цели ЛПР.

Достижение цели ЛПР только на основе изменения определенных характеристик, описывающих исследуемую управляемую систему, реализует следующий вариант воздействия на управляемую систему — «изменение состояния системы». Достижение цели ЛПР, предполагающее уточнение набора характеристик, описывающих исследуемую систему и, в случае необходимости, — дальнейшее изменение их значений, реализует другой вариант воздействия на управляемую систему — «преобразование системы». Это означает следующую зависимость параметров управления:



Отметим, что варианту воздействия на исследуемую управляемую систему «изменение состояния системы» отвечает вариант представления объекта управления как набора известных характеристик исследуемой системы, требующих для достижения цели ЛПР только изменения их значений. Варианту воздействия на исследуемую управляемую систему «преобразование системы» отвечает вариант представления объекта управления как уточненного набора характеристик, возможно требующих для достижения цели ЛПР также изменения их значений.

Цель ЛПР в отношении ИУС определяет цель управленческого решения и тот набор характеристик, которые описывают объект управления и отвечают целям лица и УР. Однако спецификой формирования решения на основе схемы его жизненного цикла, реализующего цель ЛПР, является то, что оно является итоговым вариантом, выбранным из числа альтернативных. При этом каждое альтернативное решение предполагает рассмотрение определенного набора характеристик ИУС (объекта управления), отвечающего тому или иному альтернативному частному критерию, реализующему общую цель УР.

Любой частный критерий, конкретизирующий цель УР, предполагает использование определенного набора характеристик, описывающих объект управления и отвечающих этому критерию. Поэтому в зависимости от того, предполагает ли достижение частного критерия изменение значений уже известного набора характеристик или же оно предполагает уточнение этого набора характеристик и, при необходимости, изменение их значений, можно говорить о разных вариантах воздействия ЛПР на ИУС через отдельное рассматриваемое альтернативное УР — изменение состояния системы или ее преобразование.

Решение о том, каким образом будет достигаться цель определенного частного критерия, — на основе изменения значений соответствующего ему набора характеристик или на основе уточненного набора характеристик и, в случае необходимости, изменения их значений, определяется выбранным частным критерием и принимается ЛПР. Это означает, что содержание фактора Ф-9 (вариант набора характеристик, описывающих объект) формируется самим ЛПР в зависимости от содержания частного критерия, конкретизирующего общую цель УР.

Заметим, что вариант воздействия на ИУС (через изменение ее состояния или через ее преобразование), определяемый целью ЛПР и целью УР, совпадающей с целью ЛПР, может отличаться от окончательно выбранно-

го варианта воздействия на ИУС. Это объясняется тем, что окончательно конкретное УР выбирается из числа альтернативных, а при построении этих альтернативных УР варианты воздействия на систему могут быть самыми разными.

#### **Обратите внимание!**

1. Вариант воздействия ЛПР на исследуемую управляемую систему (объект управления) — через ее изменение или преобразование, является фактором Ф-9, определяющим набор управляемых характеристик.
2. Объектом управления, конкретизирующим ИУС, обеспечивающим достижение цели ЛПР в отношении системы, может быть как известный, так и уточненный набор характеристик.
3. Влияние фактора Ф-9 на другие параметры управления проявляется в том, что он определяет набор характеристик, описывающих объект управления для каждого из альтернативных управленческих решений.

Решение по варианту воздействия на ИУС (на объект управления), т.е. решение по варианту набора характеристик, описывающих объект управления для каждого из частных критериев, конкретизирующих общую цель УР, определяется содержанием частного альтернативного критерия, конкретизирующего общую цель управленческого решения, и принимается ЛПР.

#### **Обратите внимание!**

При формировании альтернативных управленческих решений значение фактора Ф-9 определяется содержанием частного критерия, конкретизирующего общую цель УР, совпадающую с целью ЛПР.

### **3.3. Факторы, определяемые спецификой процедуры формирования управленческого решения**

Так как управленческое решение является воздействием лица, принимающего решение в отношении исследуемой управляемой системы, необходимо проанализировать факторы, обусловленные системным подходом к построению УР и влияющие на нее, с тем, чтобы расширить содержание процедуры построения, использующей схему его жизненного цикла.

Результатом этого будет уточненная процедура построения УР, основанная на реализации схемы жизненного цикла решения и отражающая управленческий подход к построению. Преимуществом уточненной процедуры построения решения будет определенная независимость последовательно реализуемых этапов построения УР, обусловленная использованием схемы ЖЦ УР, и учет тех факторов, которые обусловлены самим процессом управления и влияют на формирование УР.

#### **Обратите внимание!**

1. Управленческий подход к построению отдельного управленческого решения обуславливает анализ и обязательность учета влияния на формирование УР факторов, определяемых спецификой самого процесса управления.
2. Объединение двух подходов к построению УР позволит реализовать преимущества построения УР на основе его жизненного цикла (определенная незави-

симость последовательно реализуемых этапов формирования решения) и на основе управленческого подхода (учет при формировании УР влияния факторов, обусловленных спецификой ИУС, цели ЛПР и самого управленческого решения как воздействия на управляемую систему).

Так как управленческий подход применяется только к построению УР, влияние факторов управления будет проявляться при реализации 1-го и 2-го этапов построения на основе схемы его ЖЦ. При этом содержание обоих этапов будет тесно связано между собой потому, что на него оказывают влияние одинаковые факторы.

Первый и второй этапы формирования УР на основе схемы его ЖЦ предполагают выполнение следующих действий, на содержании которых ниже остановимся более подробно (рис. 3.9):

- формулировка общей цели УР;
- формирование частных критериев, конкретизирующих общую цель УР;
- формирование альтернативных вариантов УР<sub>i</sub><sup>A</sup> ( $i = 1, \dots, N$ );
- оценка эффективности альтернативных вариантов УР ( $\text{ЭУР}_i^A$ );
- отбор окончательного варианта УР.

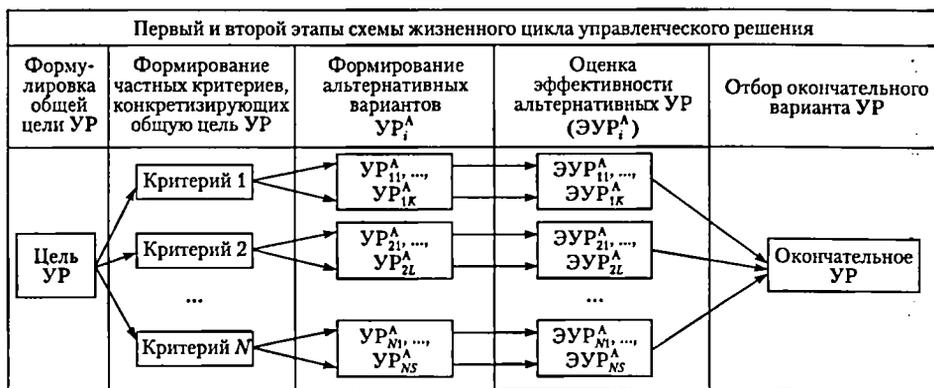


Рис. 3.9. Схема формирования УР на основе построения его альтернативных вариантов

Проанализируем факторы, обусловленные управлением – воздействием ЛПР на ИУС, которые (факторы) влияют на процедуру построения УР, реализуемую в рамках 1-го и 2-го этапов ЖЦ УР, т.е. влияют на содержание указанной последовательности действий.

Ранее были выявлены факторы, влияющие на ИУС, на цель ЛПР и через них – на формируемое управленческое решение<sup>1</sup>. Ниже остановимся на дополнительных факторах, воздействующих непосредственно на УР и обусловленных процессом управления.

**Формулировка общей цели УР.** Так как УР является воздействием ЛПР на ИУС с целью достижения целей ЛПР в отношении ИУС (объекта управления), общая цель УР совпадает с целью ЛПР. Это означает, что все факторы, оказывающие влияние на ИУС – факторы Ф-1, Ф-2, Ф-3, и оказывающие воздействие на цель ЛПР – Ф-5, Ф-7, Ф-8, будут оказывать влияние и на общую цель УР (рис. 3.10, параметр П1).

<sup>1</sup> См. содержание предыдущих параграфов данной главы.

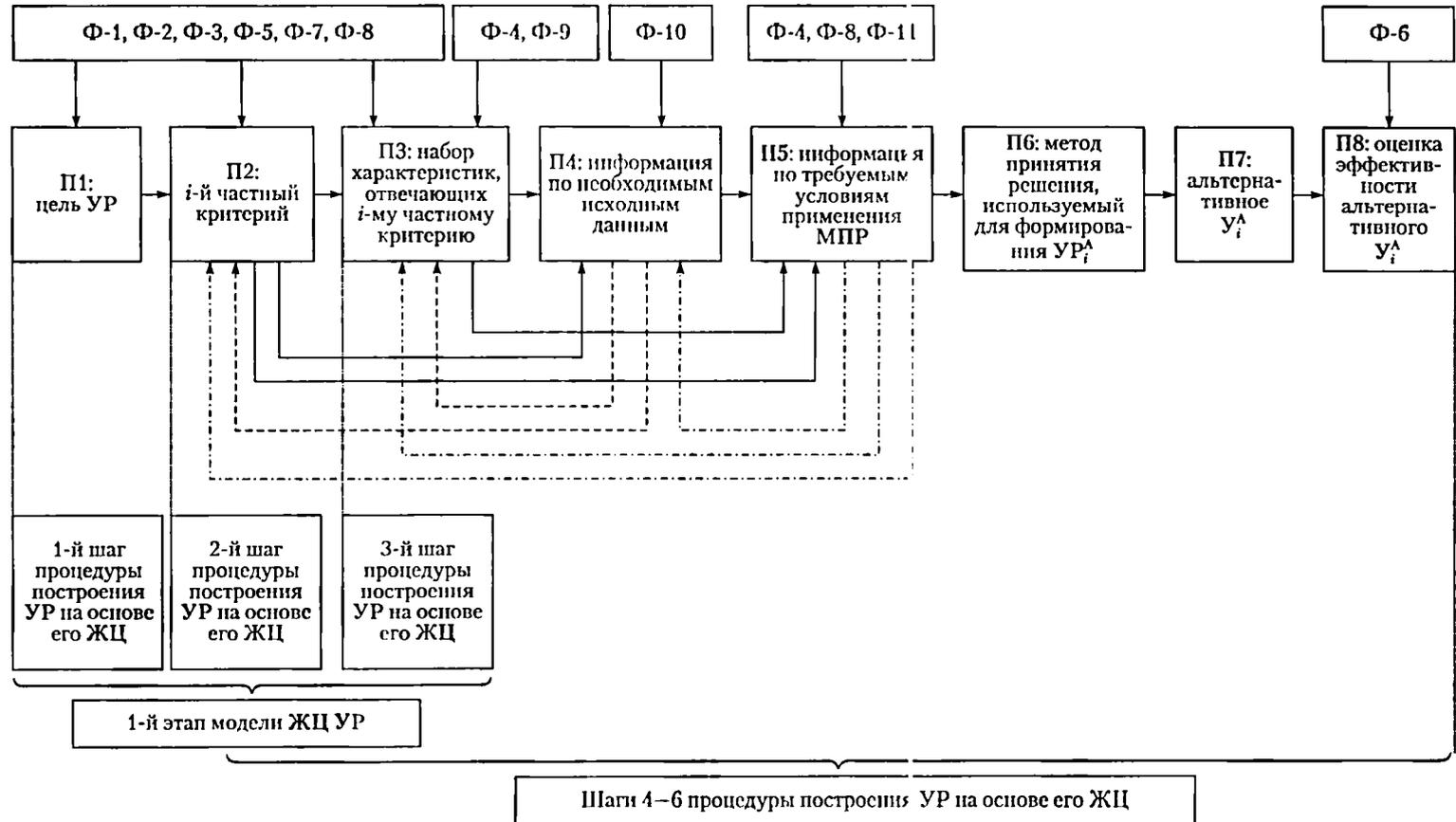


Рис. 3.10. Схема реализации процедуры формирования отдельного УР на основе его жизненного цикла, учитывающая особенности процесса управления

**Формирование частных критериев, конкретизирующих общую цель УР.** Естественно, что оно также, как и при формировании общей цели УР, должно учитывать влияние факторов Ф-1, Ф-2, Ф-3, Ф-5, Ф-7, Ф-8 (см. рис. 3.10, параметр П2).

**Формирование альтернативных вариантов  $УР_i^A$ .** Для каждого из альтернативных вариантов  $УР_i^A$  оно предполагает использование схемы взаимосвязанных параметров (рис. 3.11, см. рис. 3.10).

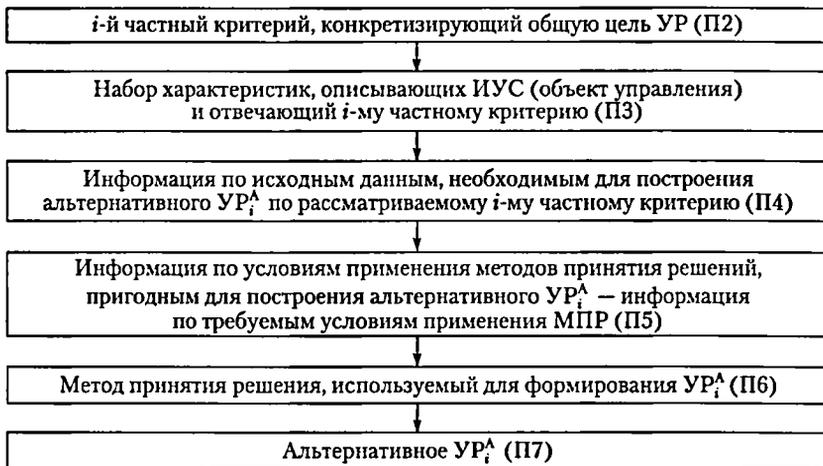
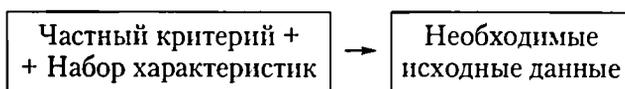


Рис. 3.11. Схема формирования альтернативных вариантов  $УР_i^A$

При исследовании факторов, определяющих особенности ИУС, было показано, что фактор Ф-4 — вариант изменения во времени характеристик, описывающих систему, оказывает влияние на параметр П3 — набор характеристик, описывающих ИУС (объект управления) и отвечающих  $i$ -му частному критерию (см. рис. 3.10). Дополнительно фактор Ф-4 должен быть учтен при формировании информации по требуемым условиям применения метода принятия решений — параметр П5 (см. рис. 3.10).

При исследовании факторов, описывающих ИУС и цель ЛПР, было показано, что факторы Ф-1, Ф-2, Ф-3, Ф-5, Ф-7, Ф-8, Ф-9 должны быть учтены при формировании набора характеристик, описывающих ИУС и отвечающих  $i$ -му частному критерию (П3), а фактор Ф-8 — при формировании информации по требуемым условиям применения метода принятия решений — параметр П5 (см. рис. 3.10).

Выбранный частный критерий (П2) и набор характеристик, описывающих ИУС и отвечающий этому критерию (П3), определяют необходимые исходные данные, т.е. ту информацию, которая необходима для построения альтернативного  $УР_i^A$  по рассматриваемому частному критерию (П4, см. рис. 3.10):



Однако надо заметить, что не всегда потребность в той или иной информации может быть реализована. Это объясняется влиянием фактора Ф-10 —

«Информация, имеющаяся по исследуемой предметной области» (см. рис. 3.10)<sup>1</sup>.

Анализ и сравнение необходимой исходной информации и информации, имеющейся по предметной области, дает возможность ЛПР:

- остановиться на первоначально выбранных исходных данных — если информация, имеющаяся по исследуемой предметной области, позволяет это сделать;

- пересмотреть набор характеристик, описывающих ИУС и отвечающих рассматриваемому частному критерию, с тем, чтобы выбрать уточненный приемлемый вариант исходных данных, необходимых для принятия решения;

- пересмотреть сам частный критерий и сопутствующие ему набор характеристик и необходимую исходную информацию.

Параметры альтернативного управленческого решения П2, П3, П4, необходимые для формирования этого УР, определяют требуемые условия применения метода принятия решения (П5, см. рис. 3.10; рис. 3.12).

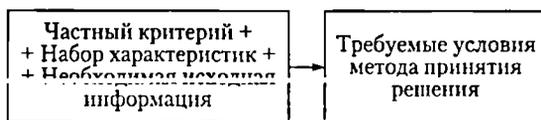


Рис. 3.12. Схема формирования условий принятия решений

При этом, если требуемые в соответствии с названными параметрами альтернативного УР условия метода принятия решения указывают на определенный метод, он используется для формирования соответствующего альтернативного УР (рис. 3.13; см. рис. 3.10).

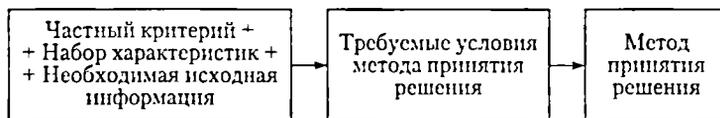


Рис. 3.13. Схема формирования условий принятия решений

Однако надо иметь в виду, что не всегда можно сразу указать метод принятия решения, условия применения которого идеально подходят под конкретные требования параметров П2, П3, П4. В таких ситуациях ЛПР:

- может попытаться разработать отвечающий его потребностям метод принятия решения или модифицировать уже известный метод;

- может заново повторить либо всю процедуру, связанную с отбором частного критерия, формированием набора характеристик, выбором необходимой исходной информации и подбором, модификацией или разработкой соответствующего метода принятия решений, либо может вернуться к ее отдельным этапам.

При этом подбор соответствующего метода принятия решения должен осуществляться с учетом фактора Ф-11 — «Методы принятия решения и условия их применения» (см. рис. 3.10)<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Содержание этого фактора рассматривается отдельно.

<sup>2</sup> Содержание этого фактора рассматривается отдельно.

К факторам, определяемым спецификой процедуры формирования управленческого решения, относятся:

Ф-10 – «Информация, имеющаяся по исследуемой предметной области»;

Ф-11 – «Методы принятия решения и условия их применения».

*Оценка эффективности альтернативных вариантов УР.* Она проводится по каждому альтернативному варианту в соответствии с требованиями этапа 2 схемы жизненного цикла<sup>1</sup>. При определении значения параметра П8 (оценка эффективности альтернативного УР) должен учитываться фактор Ф-6 – соотношение интересов ЛПР по ИУС и целей создания и (или) функционирования ИУС.

*Отбор окончательного варианта УР.* Проводится после того, как сформированы альтернативные варианты УР, при построении которых учитывались факторы, обусловленные самим процессом управления.

### **3.4. Полезная информация и рекомендации по построению управленческого решения**

*Процедура построения управленческого решения на основе его жизненного цикла, учитывающая специфику процесса управления.* Как уже отмечалось выше, построение УР, реализующего воздействие ЛПР на ИУС, происходит внутри 1-го и 2-го этапов формирования решения на основе схемы его жизненного цикла. Результатом 1-го этапа является формулировка цели УР, совпадающей с целью ЛПР в отношении управляемой системы, ее конкретизация в виде частных критериев и отвечающих этим критериям наборов характеристик, описывающих ИУС.

Содержанием 2-го этапа схемы ЖЦ УР является формирование альтернативных УР, отвечающих выбранным частным критериям 1-го этапа, на основе которых происходит отбор окончательного варианта УР. Сформированное альтернативное УР отвечает реализации цели ЛПР в отношении ИУС в той степени, в какой частный критерий, отвечающий ему, соответствует общей цели УР, т.е. соответствует цели ЛПР в отношении ИУС.

Исследование влияния процесса управления как воздействия ЛПР на управляемую систему (объект управления) через управленческое решение выявило факторы, действие которых должно учитываться при формировании УР на основе схемы его жизненного цикла. На рис. 3.10 представлена схема использования процедуры формирования отдельного УР, которая реализуется на 1-м и 2-м этапах схемы ЖЦ УР и учитывает особенности процесса управления, в том числе отражает влияние выделенных факторов на параметры управления П2–П8.

Для того чтобы реально воспользоваться этой схемой, необходимо для исследуемой управляемой системы (объекта управления) и цели ЛПР в отношении этой системы проанализировать воздействие факторов Ф-1–Ф-9 и использовать полученный результат при формировании параметров П2–П8, описывающих УР (см. рис. 3.10).

<sup>1</sup> См. главу этого учебника о построении управленческого решения на основе его жизненного цикла.

Дополнительно при определении необходимых исходных данных (параметр П4) необходимо использовать «Информацию, имеющуюся по исследуемой предметной области» (фактор Ф-10), а при определении условий применения методов принятия решений, отвечающих параметрам П2–П4, нужно учитывать влияние фактора Ф-11 – «Методы принятия решения и условия их применения».

#### **Обратите внимание!**

1. Прежде чем формировать конкретное УР, необходимо проанализировать влияние на него факторов Ф-1–Ф-11.
2. Обобщенная процедура формирования управленческого решения на основе схемы ЖЦ УР с учетом факторов, отражающих особенности процесса управления, представлена в виде схемы (рис. 3.10).

Так как метод принятия решения связан с управленческим решением, то вполне естественным является увязка цели и содержания УР с методом его принятия. На схеме (рис. 3.10) показано, что цель и содержание УР (параметры П1–П3) с методом принятия решения (параметр П6) связаны через необходимую исходную информацию (параметр П4) и требуемые условия применения МПР (параметр П5):

$$(П1 \rightarrow П2 \rightarrow П3) \rightarrow П4 \rightarrow П5 \rightarrow П6.$$

Это означает, что значения параметров П4 и П5 являются мостиком, объединяющим цель и содержание УР, с одной стороны, с методом его принятия, т.е. с параметром П6, с другой. Именно по этой причине целесообразно также проанализировать влияние факторов Ф-1–Ф-11 на параметры П4 и П5. Результаты проведенного анализа представлены в табл. 3.1. Они могут быть включены в систему поддержки принятия решений, так как уточняют влияние факторов на информацию по необходимым исходным данным (П4) и по требуемым условиям применения МПР, что делает формирование УР более обоснованным.

При анализе влияния факторов Ф-1–Ф-9 на формирование управленческого решения также целесообразно воспользоваться полезной информацией и соответствующими рекомендациями по учету влияния этих факторов (табл. 3.2–3.8). Так как содержание данных таблиц конкретизирует процесс формирования УР, оно может быть использовано при формировании системы поддержки принятия решений.

*Информационный блок СППР по методологии принятия управленческого решения.* Как уже отмечалось выше, целью создания любой системы поддержки принятия решений является предоставление этой системой лицу, принимающему решение, такой информации, которая помогла бы ему обоснованно и достаточно быстро принимать необходимые управленческие решения.

С учетом идеи построения УР, основанной на объединении двух подходов к его формированию – на основе схемы жизненного цикла УР и на основе учета особенностей самого процесса управления, СППР должна содержать соответствующую информацию – блок «Информация по методологии принятия управленческого решения».

Влияние факторов Ф-1—Ф-11 на параметры П4 и П5 формирования управленческого решения

Фактор	Содержание фактора	Значения фактора		Влияние на параметр П4 (необходимая исходная информация)		Влияние на параметр П5 (требуемые условия применения МПР)	
		Социально-экономическая система	Не социально-экономическая система	В исходную должна быть включена информация о наличии или отсутствии в ИУС человека (людей), поведение которых может повлиять на функционирование системы	Вопрос не исследовался	Если в ИУС присутствует человек (люди), поведение которого может повлиять на функционирование системы, этот факт должен быть учтен при выборе МПР	Вопрос не исследовался
Ф-1	Вид исследуемой управляемой системы						
Ф-2	Предметная область (ПО), к которой относится исследуемая управляемая система	ПО-1, ПО-2, ..., ПО-L		Исходные данные должны быть связаны с соответствующей ПО		Фактор Ф-2 несущественно влияет на выбор МПР	
Ф-3	Сложность исследуемой управляемой системы (объекта управления)	ИУС (объект управления) сложный, т.е. цель ЛПР в отношении нее и общая цель УР являются сложными. Сложное УР предполагает для своей реализации формирование и принятие других предшествующих ему УР	ИУС (объект управления) не сложный, т.е. соответствующее цели ЛПР общее УР не требует детализации	Исходные данные должны учитывать сложность УР либо через агрегирование информации по всем составляющим управленческим решениям, либо через конкретный учет информации по каждому из УР, участвующих в формировании сложного УР	Исходные данные связаны с простым, несложным формируемым управленческим решением	Сложность ИУС (объекта управления) должна быть учтена либо в условиях применения МПР, либо в его содержании	Если УР не является сложным, она (сложность ИУС) не учитывается в МПР

Фактор	Содержание фактора	Значения фактора		Влияние на параметр П4 (необходимая исходная информация)		Влияние на параметр П5 (требуемые условия применения МПР)	
		Дискретный	Непрерывный	Исходная информация дискретная	Исходная информация непрерывная	МПР является дискретными	МПР является непрерывными
Ф-4	Вариант изменения во времени характеристик, описывающих систему	Дискретный	Непрерывный	Исходная информация дискретная	Исходная информация непрерывная	МПР является дискретными	МПР является непрерывными
Ф-5	Временной горизонт формулировки цели ЛПР	Может быть любым		Исходная информация: должна охватывать весь временной горизонт формулировки цели ЛПР (временной горизонт планирования УР)		МПР должен охватывать весь временной горизонт формулировки цели ЛПР (временной горизонт планирования УР)	
Ф-6	Соотношение интересов ЛПР по ИУС (объекту управления) и целей создания и (или) функционирования ИУС	Интересы совпадают	Интересы не совпадают	Исходная информация может быть связана с реализацией цели ЛПР и цели создания и (или) функционирования ИУС	Исходная информация отвечает реализации только цели ЛПР	Фактор Ф-6 не влияет на выбор МПР	
Ф-7	Наличие субъектов, имеющих свои интересы в отношении исследуемой управляемой системы (объекта управления)	Субъекты, имеющие свои интересы в отношении ИУС, есть	Субъектов, имеющих свои интересы в отношении ИУС, нет	Исходная информация по интересам других субъектов в отношении ИУС должна быть получена и проанализирована на предмет направленности интересов других субъектов с интересами ЛПР	Отсутствие субъектов, имеющих свои интересы в отношении ИУС, не оказывает влияния на исходные данные	Фактор Ф-7 не влияет на выбор МПР	

Фактор	Содержание фактора	Значения фактора		Влияние на параметр П4 (необходимая исходная информация)		Влияние на параметр П5 (требуемые условия применения МПР)	
		Полное согласование интересов	Неполное согласование интересов	Исходная информация должна включать данные по всем интересам других субъектов в отношении ИУС (объекта управления)	Исходная информация должна охватывать те интересы других субъектов в отношении ИУС (объекта управления), которые ЛПР будет принимать во внимание при их согласовании интересов	МПР должны обеспечить учет всех интересов других субъектов в отношении ИУС (объекта управления)	МПР должны обеспечить учет только тех интересов других субъектов в отношении ИУС (объекта управления), которые ЛПР будет принимать во внимание при их согласовании
Ф-8	Вариант учета интересов других субъектов в отношении исследуемой управляемой системы (объекта управления)						
Ф-9	Вариант воздействия на ИУС (объект управления), т.е. вариант представления объекта управления как набора характеристик, описывающих управляемую систему	Изменение состояния системы	Преобразование системы	Исходная информация охватывает набор характеристик, требующих только изменения их значений для реализации цели ЛПР	Исходная информация охватывает не только уже известные характеристики, описывающие систему, но и возможные новые	МПР предполагают только изменение значений известных характеристик для реализации цели ЛПР	МПР предполагают уточнение набора характеристик, описывающих систему, и при необходимости изменение их значений
Ф-10 <sup>1</sup>	Информация, имеющаяся по исследуемой предметной области	Она может быть классифицирована по значениям различных признаков (полнота, точность, достоверность и т.д.)		Исходная информация по формируемому управленческому решению может быть уточнена с учетом ее классификации, обусловленной влиянием фактора Ф-10		Условия и содержание МПР определяются содержанием уточненной исходной информации	

<sup>1</sup> Как уже отмечалось выше, вопросы, связанные с факторами Ф-10 и Ф-11, в том числе вопросы классификации информации и методов принятия решений, ввиду их сложности и большой значимости рассматриваются отдельно.

Фактор	Содержание фактора	Значения фактора	Влияние на параметр П4 (необходимая исходная информация)	Влияние на параметр П5 (требуемые условия применения МПР)
Ф-11	Методы принятия решения и условия их применения	Они могут быть классифицированы по самым разным признакам – используемой исходной информации, содержанию МПР, результатам применения МПР и т.д.	Исходная информация увязывается с используемыми методами принятия решений и условиями их применения	Если условия и содержание МПР, определяемые влиянием факторов Ф-1–Ф-10, совпадают с условиями и содержанием методов какой-либо группы МПР, ЛПР выбирает МПР из этой группы. В ином случае ЛПР модифицирует известный МПР, либо создаст новый, либо переходит к шагам 2–4 первого этапа модели ЖЦ УР (см. рис. 3.10) с тем, чтобы заново формировать УР, для принятия которого можно использовать уже известные МПР, входящие в одну из групп МПР

**Факторы (Ф), определяющие специфику ИУС  
и влияющие на другие параметры управления**

Фактор	Содержание фактора
Ф-1	Вид исследуемой управляемой системы
Ф-2	Предметная область, к которой относится исследуемая управляемая система
Ф-3	Сложность исследуемой управляемой системы
Ф-4	Вариант изменения во времени характеристик, описывающих систему

Таблица 3.3

**Полезная информация (ПИ), связанная с особенностями  
исследуемой управляемой системы**

Полезная информация	Содержание полезной информации
ПИ-1	Если исследуемая система является социально-экономической, необходимо иметь в виду, что элементом ее может быть отдельный человек (группа людей), поведение которого может влиять на функционирование управляемой системы
ПИ-2	Специфика предметной области, к которой относится исследуемая управляемая система, способствует конкретизации перечня характеристик, описывающих ИУС. Она может иметь свои особенности, оказывающие влияние на формирование цели ЛПР, а также на формирование цели УР и его содержание
ПИ-3	Если ИУС является сложной, конкретизирующий ее объект управления также может быть сложным, что влияет на формулировку цели ЛПР, а также на формирование цели УР и его содержание
ПИ-4	Вариант изменения во времени характеристик, описывающих систему, влияет на набор характеристик, описывающих ИУС и отвечающих разным критериям, конкретизирующим цель УР при построении альтернативных УР. Он также определяет востребованность применения процедуры построения УР при управлении исследуемой системой, а также выделяет группы (условия) методов принятия управленческих решений — дискретных или непрерывных. Если ИУС создается на основе разового проекта или как функционирующая система она предполагает постоянство значений характеристик, описывающих ее, потребность в применении процедуры построения УР носит разовый характер и появляется только в том случае, когда значения характеристик становятся неудовлетворительными. Если же исследуемая система реализует определенный процесс, протекающий во времени, т.е. значения характеристик, описывающих ее, изменяются во времени, потребность в контроле за состоянием управляемой системы существует постоянно, а востребованность в построении УР, т.е. само использование процедуры построения УР, направленного на достижение цели ЛПР, определяется протеканием процесса, реализуемого ИУС. Востребованность процедуры принятия УР определяется также числом альтернативных УР, которые строятся для выбора окончательного варианта УР

**Рекомендации (Р) по учету факторов, связанных с особенностями  
исследуемой управляемой системы**

Рекомендации	Содержание рекомендаций
Р-1	Необходимо проанализировать ситуацию, связанную с исследуемой системой. Если система является социально-экономической, необходимо определить, есть ли в ней люди, поведение которых может влиять на функционирование управляемой системы? Если такие есть, это необходимо учитывать при формировании цели ЛПР и, как следствие, при формировании УР
Р-2	Необходимо выяснить, есть ли какие-то особенности предметной области, к которой относится исследуемая управляемая система, которые могут повлиять на формирование цели ЛПР, а также на цели и содержание соответствующего УР. Если они есть, их необходимо учитывать при формировании цели ЛПР и, как следствие, при формировании цели и содержания УР
Р-3	Необходимо проанализировать сложность исследуемой управляемой системы. Если исследуемая управляемая система сложная, это может повлиять на сложность объекта управления, конкретизирующего систему, а также на формулировку цели и содержания самого управленческого решения. Для уточнения объекта управления, формулировки целей ЛПР, а также для формулировки цели УР и определения его сложного содержания могут быть привлечены соответствующие специалисты и эксперты
Р-4	<p>Необходимо учесть, что фактор времени влияет на набор характеристик, описывающих ИУС и отвечающих разным частным критериям, конкретизирующим цель УР при построении альтернативных УР. Также необходимо проанализировать влияние фактора времени на функционирование исследуемой системы. Если УР связано с реализацией определенного проекта по созданию новой управляемой системы или функционирование исследуемой управляемой системы предполагает постоянство значений характеристик, описывающих ее, УР может приниматься на основе использования дискретных методов принятия решений. При этом потребность в построении нового УР возникает только тогда, когда значения каких-то характеристик, описывающих систему, становятся неудовлетворительными, т.е. перестают отвечать цели ЛПР в отношении этой системы. Если функционирование исследуемой управляемой системы предполагает изменение во времени значений характеристик, описывающих ее, т.е. система реализует определенный процесс, протекающий во времени, УР может приниматься на основе использования непрерывных методов принятия решений.</p> <p>При этом потребность в использовании процедуры построения УР, направленного на достижение цели ЛПР, определяется протеканием самого процесса. Процедура будет применяться всякий раз, как только значения характеристик, описывающих систему, становятся неудовлетворительными, т.е. перестают отвечать цели ЛПР в отношении этой системы. Такая ИУС требует постоянного контроля за процессом, который эта система реализует.</p> <p>Востребованность применения процедуры построения отдельного УР определяется также числом формируемых альтернативных УР, используемых для выбора окончательного варианта УР</p>

**Факторы (Ф), определяющие специфику цели ЛПР  
и влияющие на другие параметры управления**

Дополнительные, кроме Ф-1, Ф-2, Ф-3, факторы	Содержание фактора
Ф-5	Временной горизонт формулировки цели ЛПР
Ф-6	Соотношение интересов ЛПР по ИУС (объекту управления) и целей создания и (или) функционирования ИУС
Ф-7	Наличие субъектов, имеющих свои интересы в отношении исследуемой управляемой системы (объекта управления)
Ф-8	Вариант учета интересов других субъектов в отношении исследуемой управляемой системы (объекта управления)
Ф-9	Вариант воздействия на исследуемую управляемую систему (на объект управления), т.е. вариант представления объекта управления как набора характеристик, описывающих управляемую систему

Таблица 3.6

**Дополнительная полезная информация (ПИ) по факторам, определяющим  
специфику цели ЛПР и влияющим на другие параметры управления**

Полезная информация	Содержание полезной информации
ПИ-5	Выбранный временной горизонт формулировки цели ЛПР определяет горизонт планирования соответствующего этой цели управленческого решения – тот период времени функционирования исследуемой системы, с учетом которого вырабатывается УР, а также горизонт планирования при формировании альтернативных управленческих решений, из числа которых ЛПР выбирает окончательный, итоговый вариант УР
ПИ-6	Соотношение интересов ЛПР по ИУС (объекту управления) и целей создания и (или) функционирования ИУС может быть различным. Так как цель УР всегда совпадает с целью ЛПР в отношении исследуемой управляемой системы, содержание УР и набор характеристик, охватываемых управленческим решением, определяются целью ЛПР. Соотношение цели ЛПР и цели ИУС существенно влияет на оценку эффективности УР. Если цели ЛПР и ИУС совпадают, эффективность УР отражает результативность реализации обеих целей
ПИ-7	Вне или внутри системы могут быть субъекты, имеющие свои интересы в отношении исследуемой управляемой системы. Данный факт должен быть учтен при формулировке цели ЛПР в отношении ИУС, а также при формировании цели и содержания соответствующего УР
ПИ-8	Интересы других субъектов в отношении исследуемой управляемой системы могут учитываться по-разному: совсем не учитываться, учитываться частично, учитываться полностью. Учитываемые интересы других субъектов должны быть отражены в формулировке цели ЛПР относительно исследуемой управляемой системы, а также – в цели и содержании соответствующего УР. При этом формулировка цели ЛПР и степень учета интересов других субъектов в отношении исследуемой управляемой системы должны обеспечить реализацию первоначальной цели ЛПР в отношении системы, сформулированной без учета интересов других субъектов. Вариант учета лицом, принимаю-

2. Изложение объединенного подхода к формированию отдельного УР — на основе схемы его жизненного цикла, учитывающей особенности процесса управления. Как самостоятельный подход к формированию УР только на основе учета особенностей процесса управления имеет смысл только в том случае, если речь идет только о первых двух этапах реализации схемы жизненного цикла УР — Этап 1. Определение цели УР и конкретизация реализующих ее критериев; Этап 2. Разработка УР. Изложение объединенного подхода к формированию УР предполагает включение в этот информационный блок следующих данных:

- представление и описание объединенной процедуры формирования отдельного УР (см. рис. 3.10);

- представление списка факторов, обусловленных особенностями процесса управления, в том числе:

- списка факторов, определяющих специфику ИУС и влияющих на другие параметры управления (см. табл. 3.2),

- списка факторов, определяющих специфику цели ЛПР и влияющих на другие параметры управления (см. табл. 3.5),

- списка факторов, определяемых спецификой управленческого решения и влияющих на параметры управления (см. табл. 3.9);

- представление полезной информации по этим факторам (см. табл. 3.3, 3.6, 3.8);

- представление полезной информации по влиянию факторов Ф-1—Ф-11 на содержание информации по необходимым исходным данным и на информацию по требуемым условиям применения МПР (см. табл. 3.1);

- представление рекомендаций по учету влияния факторов при формировании конкретного управленческого решения (см. табл. 3.4, 3.7, 3.8).

## Резюме

Рассмотрение управленческого решения как воздействия управляющей системы на исследуемую систему позволяет выделить факторы, обусловленные спецификой процесса управления и влияющие на формирование управленческого решения.

Проведенный анализ особенностей процесса управления выявил те из них, которые связаны с исследуемой системой, с целью ЛПР и с самим процессом формирования УР.

Объединение в рамках общей процедуры формирования УР двух подходов к формированию отдельного управленческого решения — на основе схемы его жизненного цикла и с учетом управления, позволяет объединить преимущества обоих подходов. Так, использование схемы ЖЦ УР позволяет выделить относительно независимые, но связанные между собой этапы построения УР, начиная с формулировки его цели (этап 1) и заканчивая контролем за выполнением УР (этап 5). Учет же факторов, влияющих на параметры управления, описывающие процесс формирования УР, позволяет конкретизировать и более точно описать процесс формирования УР, реализуемого в рамках первого и второго этапов схемы ЖЦ УР.

Выделенные факторы, влияющие на формирование УР, полезная информация по ним и рекомендации по их использованию могут войти в содержание системы поддержки принятия решений, что позволит ее пользователю более обоснованно принимать любые управленческие решения.

## Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы

1. Что собой представляет управленческое решение с позиций системного подхода?
2. Какие факторы влияют на исследуемую управляемую систему? Охарактеризуйте их воздействие на формирование управленческого решения.
3. Какие факторы влияют на формирование цели ЛПР?
4. Что такое временной горизонт формулировки цели ЛПР и горизонт планирования управленческого решения?
5. Как соотношение интересов ЛПР по ИУС (объекту управления) и целей создания и (или) функционирования ИУС влияет на формирование цели ЛПР? На какие другие параметры управления оно оказывает воздействие?
6. Как наличие субъектов, имеющих свои интересы в отношении исследуемой управляемой системы, влияет на формирование цели ЛПР? На какие другие параметры управления оно оказывает воздействие?
7. Что собой представляет полное согласование интересов всех субъектов в отношении ИУС (объекта управления)?
8. Кто определяет вариант согласования интересов разных субъектов в отношении ИУС?
9. Как вариант учета интересов разных субъектов в отношении ИУС может учитываться при построении управленческого решения?
10. В чем проявляется вариант воздействия ЛПР на ИУС (изменение системы или ее преобразование) на другие параметры управления?
11. Назовите факторы, определяемые спецификой самой процедуры формирования управленческого решения.
12. С учетом какого фактора с управленческих (системных) позиций оценивается эффективность управленческих решений?
13. Назовите преимущества объединения подходов к построению УР — на основе его жизненного цикла и на основе управленческого (системного) подхода?

## Темы рефератов и докладов

1. Соотношение понятий «система управления», «управленческое решение» и «управляемая система».
2. Группы факторов, влияющих на содержание управленческого решения как воздействия системы управления на управляемую систему.
3. Факторы, влияющие на содержание управленческого решения, которые обусловлены спецификой исследуемой управляемой системы.
4. Факторы, влияющие на содержание управленческого решения, которые обусловлены содержанием цели ЛПР.
5. Факторы, влияющие на содержание управленческого решения, которые обусловлены процедурой реализации самого УР.
6. Факторы, влияющие на исследуемую управляемую систему и определяющие содержание процедуры формирования управленческого решения.
7. Факторы, определяющие специфику управляемой системы и влияющие на формирование цели ЛПР.
8. Факторы, влияющие на содержание цели ЛПР и определяющие содержание процедуры формирования управленческого решения.
9. Факторы, влияющие на содержание управленческого решения и обусловленные требованиями самой процедуры его формирования.
10. Процедура построения управленческого решения, объединяющая два подхода к построению управленческого решения: на основе жизненного цикла управленческого решения и на основе учета факторов, обусловленных особенностями самого процесса управления.

## Рекомендуемая литература

### *Литература на русском языке*

1. Боев, В. Д. Информационные системы и технологии в экономике и управлении / В. Д. Боев, Г. А. Ботвин. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. — 236 с.
2. Дик, В. В. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки / В. В. Дик. — М. : Финансы и статистика, 2000. — 300 с.
3. Лапыгин, Ю. Н. Управленческие решения : учеб. пособие / Ю. Н. Лапыгин, Д. Ю. Лапыгин. — М. : Эксмо, 2009. — 448 с.
4. Лифшиц, А. С. Управленческие решения : учеб. пособие / А. С. Лифшиц. — М. : КноРус, 2009. — 248 с.
5. Пономарев, И. П. Принятие управленческого решения / И. П. Пономарев. — М. : Макс-Пресс, 2005.
6. Смирнов, Э. А. Управленческие решения : учеб. пособие / Э. А. Смирнов. — М. : ИНФРА-М, 2001. — 264 с.
7. Сыроижко, В. В. Системный подход к выбору управленческих решений при рыночном саморегулировании развития организации / В. В. Сыроижко // Российское предпринимательство. — 2008. — № 6. — Вып. 2 (113). — С. 96–100.
8. Филинов, Н. Б. Разработка и принятие управленческих решений : учеб. пособие / Н. Б. Филинов. — М. : ИНФРА-М, 2010. — 308 с.

### *Интернет-источники*

1. Гасанов, А. З. Разработка управленческих решений [Электронный ресурс]. URL: [https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0CH4QFjAJ&url=http%3A%2F%2Fex.vniigim.ru%2FHTML%2Frazrab-ur.doc&ei=pJD8UvPOBYal4gTO4C4Dw&usg=AFQjCNF1KNvV1gbPbm0P0CQefq\\_okl76cg&sig2=gzg5P-DTXHZGbru\\_aRZWfQ&bvm=bv.61190604,d.bGE&cad=rjt](https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0CH4QFjAJ&url=http%3A%2F%2Fex.vniigim.ru%2FHTML%2Frazrab-ur.doc&ei=pJD8UvPOBYal4gTO4C4Dw&usg=AFQjCNF1KNvV1gbPbm0P0CQefq_okl76cg&sig2=gzg5P-DTXHZGbru_aRZWfQ&bvm=bv.61190604,d.bGE&cad=rjt) (дата обращения 03.08.2015).
2. Уемов, А. И. Системный подход и общая теория систем [Электронный ресурс] / А. И. Уемов — М. : Мысль. Редакция философской литературы, 1978. — 290 с. URL: [http://publ.lib.ru/ARCHIVES/U/UEMOV\\_Avenir\\_Ivanovich/\\_Uemov\\_A.I.html#010](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/U/UEMOV_Avenir_Ivanovich/_Uemov_A.I.html#010) (дата обращения 03.08.2015).
3. Von Bertalanffy, L. General System Theory [Электронный ресурс] / L. von Bertalanffy // A Critical Review. «General Systems». 1962. Vol. VII. P. 1–20 / пер. Н. С. Юлиной. URL: <http://www.evolbiol.ru/bertalanfi.htm> (дата обращения 03.08.2015).

# Глава 4

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

### 4.1. Структура принятия решений в организации

#### Определение

*Информационные системы (ИС) — это системы, предназначенные для сбора, хранения и обработки информации, в основе которых лежит компьютерная среда переработки, хранения и доступа к данным с соответствующим областью применения уровнем надежности хранения и эффективности доступа.*

Информационные системы ориентированы на конечных пользователей, для которых они являются лишь средством обеспечения своей профессиональной деятельности. Поэтому они имеют простой «дружелюбный» интерфейс, который предоставляет пользователю все необходимые для его работы функции, но не дает ему возможности нарушить функционирующие системы.

Области применения информационных систем широки и разнообразны: бизнес, промышленность, финансы, государственные структуры, образование, медицина, транспорт и др. Однако объединяет все эти системы одно основополагающее обстоятельство: в целях поддержки принятия решений руководство испытывает потребность в достоверной информации о различных аспектах деятельности организации и о состоянии внешней среды. От этого зависит качество управления организацией, эффективность планирования ее деятельности, развитие организации при быстро меняющихся экономических условиях. При этом критически важными функциями являются наглядность, достоверность и своевременность представления информации, возможность анализа текущих и архивных данных, быстрота получения новых знаний. Область применения конкретной информационной системы, в конечном счете, определяет ее функции и структуру, а также решаемые ею задачи.

С учетом отмеченного, структура и функциональное назначение информационной системы должны соответствовать структуре и функциям организации, целям управления и принимаемых решений, а также возможностям применяемых информационных технологий. Основными элементами любой организации являются структура и органы управления, стандартные процедуры (точно определенные правила выполнения заданий в различных ситуациях), корпоративная культура (этические принципы, типы поведения, информационная культура персонала). Поэтому построение ин-

формационной системы начинается с анализа структуры управления организацией.

**Обратите внимание!**

Под управлением организацией понимается обеспечение достижения цели путем реализации управленческих функций разного уровня – организационной, плановой, учетной, аналитической, контрольной и др.

Любая организация является сложным организмом, состоящим из большого числа разнородных объектов и процессов, имеющих управляющие органы различного уровня, осуществляющие координацию работы путем принятия управленческих решений. Для согласованного функционирования организации обычно применяется простейшая трехуровневая система стратегического, оперативного и тактического управления, соответствующая классической<sup>1</sup> концептуальной модели организационно-управленческой структуры компании, называемой пирамидой Маджаро<sup>2</sup> (рис. 4.1). На рис. 4.1 организация по вертикали разделена на три уровня принятия решений: верхний стратегический, средний оперативный и нижний тактический, каждому из которых соответствует своя информационная система поддержки, а по горизонтали – на функциональные области: продажи, производство, финансы, учет, персонал и др.

Уровни принятия решений характеризуются сложностью решаемых задач, соответствующим набором функций и видом информационной поддержки. С повышением уровня возрастают как степень компетентности и ответственности ЛПР, так и время реализации принимаемых решений.

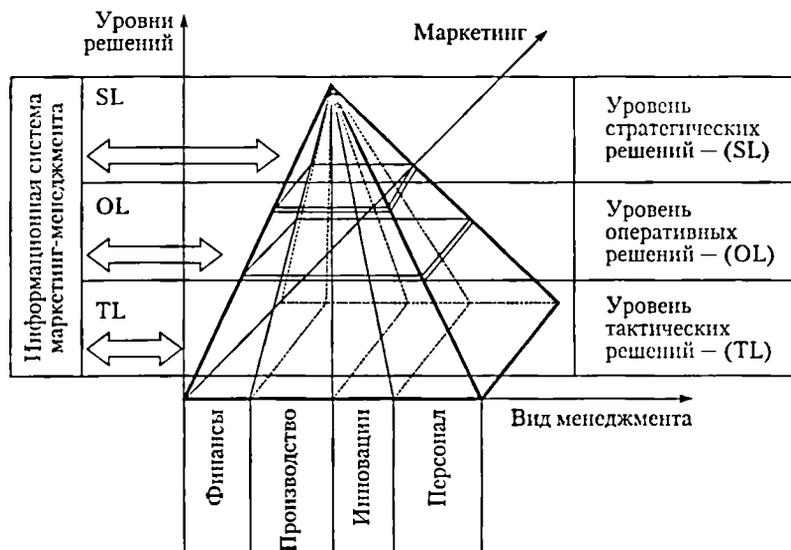


Рис. 4.1. 3D-пирамида Маджаро<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Черенков В. И. Международный маркетинг. СПб. : Знание, 2003. С. 264.

<sup>2</sup> Маджаро С. Международный маркетинг. М. : Международные отношения, 1979.

<sup>3</sup> Семак Е. А. Международный маркетинг : учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс]. Минск : БГУ, 2004. С. 150. URL: <http://cl.rushkolnik.ru/docs/5173/index-28937-1.html> (дата обращения: 03.08.2015).

## Обратите внимание!

*Стратегический уровень управления целями* обеспечивает принятие решений, необходимых для достижения долгосрочных стратегических целей всей организации. Ответственность ЛПР очень высока, а решения опираются в равной степени как на результаты анализа с использованием математического аппарата и информационных систем, так и на профессиональную интуицию.

*Оперативный уровень регулирования функций* обеспечивает принятие оперативных решений, необходимых для реализации процесса достижения стратегических целей по функциональным отраслям с минимальными отклонениями, что требует анализа значительного объема поступающей с других уровней разнородной информации. Для этого требуется определенное время на ее осмысление, сбор недостающих сведений, получение реакции на принятые ранее решения и т.п.

*Тактический уровень исполнения операций* обеспечивает быстрое реагирование на изменение текущей ситуации и принятие решений для выполнения многократно повторяющихся стандартных операций в рамках регулирующих воздействий среднего уровня. Объем выполняемых операций (в основном за счет решения задач учета) достаточно велик, а время принятия управленческих решений минимально.

В связи с усложнением информационных и управленческих технологий в последнее время выделяют еще один *тактический уровень* — *уровень обеспечения информацией* принятия решений, или уровень знаний. Здесь осуществляется обработка данных состояния организации и внешних условий, сбор, переработка, хранение и предоставление информации и, наконец, приобретение и накопление знаний для обеспечения принятия решений в соответствующей каждому уровню и каждой функциональной области форме.

---

## 4.2. Данные, информация, знания и решения

Для ЛПР информация является исходной составляющей принятия решений. Информация извлекается из данных. Однако в зависимости от адекватности выбранных методов обработки в результате использования одних и тех же данных может появляться разная информация. Данные, отражающие свойства объекта, по своей сути являются объективными. Методы обработки являются субъективными, в их основе лежат алгоритмы, подготовленные субъектами — специалистами.

## Обратите внимание!

*Информация (information)* возникает и существует в момент диалектического взаимодействия объективных данных и субъективных методов, представляющих данные *в определенной форме (in formation)*.

---

Рассмотренные понятия являются составной частью пирамиды информационной поддержки принятия решений, изображенной на рис. 4.2. В основании ее находятся данные, которые, приобретая определенную форму, переходят на следующий уровень и превращаются в информацию. Завершает пирамиду объединяющий разнородную информацию в систему понятий, моделей и правил вывода уровень знания. По мере продвижения вверх по пирамиде информационной поддержки объемы данных переходят в систему знания, обеспечивающую ценность принимаемых решений.

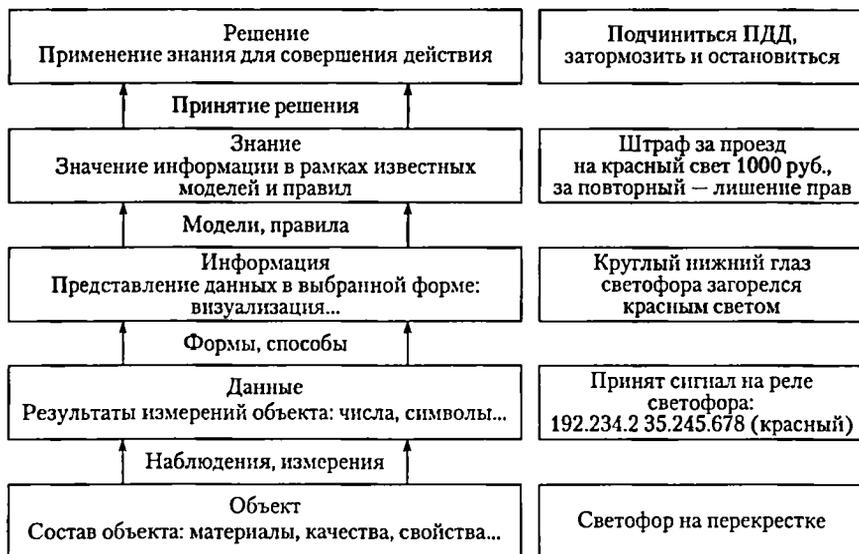


Рис. 4.2. Взаимодействие данных, информации, знаний и решений

Большие объемы данных и массивы информации сами по себе не гарантируют получение знаний. Ценность полученных знаний зависит от мощности процедур переработки данных в информацию и от качества моделей представления знаний, потребляющих эту информацию. Процесс перехода по информационной пирамиде от данных к знаниям занимает много времени и стоит дорого. Так, например, информация в форме текста статьи на незнакомом иностранном языке не может сама перейти в знание содержания статьи. При наличии словаря процесс перехода от информации к знанию длителен и трудоемок, с помощью привлечения специалиста-переводчика длительность этого процесса сокращается, но за счет оплаты стоимости перевода.

#### 4.3. Регулирование по принципу обратной связи

Управление сложными системами происходит, как правило, в условиях неполной информации, незнания закономерностей функционирования и постоянного изменения внешних факторов. Поэтому процессы управления и принятия решений имеют итерационный характер. После принятия решения и применения управляющего воздействия необходимо оценить состояние, в котором находится система, и решить вопрос о том, правильно ли мы движемся по стратегически намеченному пути. Если отклонения оказываются неудовлетворительными, необходимо скорректировать решения в сторону уменьшения отклонений и сформировать новые управляющие воздействия. В этом смысле концептуальную модель структуры управления организацией можно дополнить, если среди уровней принятия решения выделить контур функционального регулирования по принципу обратной связи (рис. 4.3).

##### Определение

|| Обратная связь — это воздействие результатов функционирования какой-либо системы или объекта на характер этого функционирования.

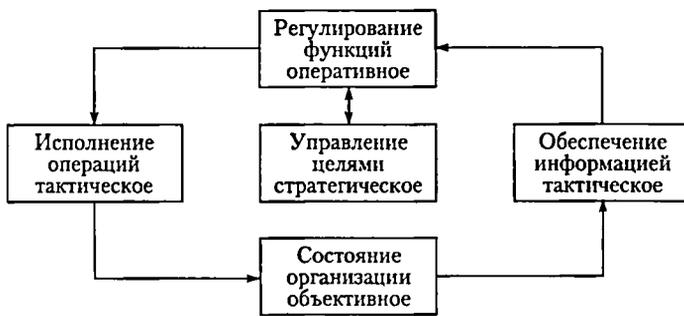


Рис. 4.3. Функциональное регулирование по принципу обратной связи

Согласно введенной модели, на стратегическом уровне принимаются решения о глобальных долгосрочных целях организации и главных направлениях их достижения, на основании которых создаются планы и программы развития организации на несколько лет.

Изображенный на рис. 4.3 контур оперативного регулирования предназначен как раз для отслеживания выполнения этих стратегических планов и программ в реальном времени. Менеджеры с помощью прямой связи передают исполнителям регулирующие команды, реализующие стратегические программы развития, а по каналу обратной связи с помощью ИТ-специалистов получают информацию об отклонениях текущего состояния организации от планируемого программного, что позволяет им принимать решения и формировать корректирующие регулирующие воздействия, направленные на минимизацию этих отклонений. В этом смысле менеджеры, выполняющие функцию регулирования состояния организации для достижения целей, поставленных управляющими организацией лицами высшего уровня, являются регулировщиками, а не управляющими, как их принято называть на русском языке.

#### 4.4. Уровни и функции информационных систем

Следуя иерархии уровней принятия решений, информационные системы поддержки также имеют соответствующие уровни разделения и использования информации: по вертикали – *стратегический* (руководителей высшего звена), *функционально-оперативный* (средних менеджеров), *информационно-тактический* (ИТ-специалистов) и *операционно-тактический* (функциональных специалистов). По горизонтали соответствующее информационное сопровождение определяется для каждой *функциональной области*: маркетинга и продаж, планирования, производства, финансов, бухгалтерского учета, человеческих ресурсов и т.д. (рис. 4.4).

#### **Обратите внимание!**

*ИС стратегического уровня целеполагающего управления* предназначены для использования руководителями высшего звена в целях получения преимуществ деятельности организации в конкурентной борьбе на экономических рынках. Они предоставляют в наиболее общей и понятной форме такие результаты глобальных исследований внутреннего состояния организации и учета влияния внешнего окружения в долгосрочной перспективе, как производственные и фи-



Рис. 4.4. Соответствие уровней ИС уровням управления организации<sup>1</sup>

мажорные тренды, тенденции подъемов и спадов, изменения ассортимента продукции и уровня занятости и т.п.

*ИС оперативного уровня функционального регулирования* разрабатывают для обеспечения контрольных, управляющих и административных действий менеджеров среднего звена. Системы этого уровня предоставляют информацию о качестве работы управляемых объектов и системы управления, о востребованности связей и нагрузке бизнес-процессов, а также оперативно создают периодические отчеты по утвержденным шаблонам. Они предназначены для работы с менее формализованными данными, чем на низшем эксплуатационном уровне с целью разработки на их основе менее структурированных решений, для которых информационные требования заданы не полностью и предполагают привлечение новых данных, которые не могут быть получены от систем тактического уровня.

*ИС тактического уровня информационного обеспечения* предназначены для специалистов по информационным технологиям, анализу текущей информации, обработке, хранению и представлению данных. Цель таких систем состоит в том, чтобы интегрировать новые данные, информацию и знания в текущую и перспективную деятельность организации.

*ИС тактического уровня операционного исполнения* предназначены для исполнителей, которые поддерживают элементарные действия организации — такие как продажи, платежи, бухучет, проведение транзакций, оперативные финансовые решения, управление операциями, регулирование потоков материалов и продукции на производстве и т.п. На этом хорошо автоматизируемом уровне организационных, технологических и производственных процессов циркулирует доступная, оперативная и точная информация.

Информационные системы естественным образом распределяются и по функциональным областям. Каждая из базовых организационных функций — продажи и маркетинга, производства, финансов, бухгалтерского учета и человеческих ресурсов, как правило, обслуживается собственной про-

<sup>1</sup> Граничин О., Кияев В. Информационные технологии в управлении предприятием [Электронный ресурс]. М. : Интуит, 2014. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/13833/1230/lecture/24063> (дата обращения: 03.08.2015).

фильной системой, а в крупных организациях у каждой главной функции могут быть свои локальные информационные подсистемы.

В этой проекции у ИС иногда разделяют *функциональную и обеспечивающую части*<sup>1</sup>. К *обеспечивающей части* относят:

- техническое обеспечение — комплекс технических средств, технологических процессов, средств эксплуатационной поддержки, а также соответствующей им документации и внутренних стандартов организации;
- математическое обеспечение — совокупность математических методов, моделей, алгоритмов обработки информации и управления системами, экономико-математические модели, отражающие функционирование объекта управления;
- программное обеспечение — комплексы программных средств, предназначенные для решения типовых задач обработки информации, контроля и управления;
- организационное обеспечение — совокупность методов, средств и документов, регламентирующих взаимодействие модулей ИС, технических средств и персонала;
- лингвистическое обеспечение — набор согласованных правил, методик, словарей, алгоритмических языков высокого уровня, языков управления данными, образующий средство общения специалистов, разработчиков, пользователей и эксплуатационников как между собой, так и с программным, техническим и информационным обеспечением;
- правовое обеспечение — нормативные и правовые акты, приказы, отраслевые инструкции, связанные с договорными отношениями, правовым регулированием споров, охраной прав интеллектуальной собственности, регламентацией прав и обязанностей персонала, процедур сбора и обработки информации, прав доступа пользователей к информации, содержащей секретные и конфиденциальные сведения.

*Функциональная часть* реализует назначение ИС. Здесь содержится модель управления организацией, учитывающая взаимосвязи всех составляющих ее уровней, и происходит трансформация стратегических целей и задач управления в функции, функций — в алгоритмы, алгоритмов — в конкретные регулирующие воздействия на управляемый объект в соответствии с предназначенной функцией. Эти действия выполняются в подсистемах, выделенных на каждом уровне принятия решений в соответствии с базовыми функциями организации (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Пример базовых функций информационной системы организации<sup>2</sup>

Подсистемы маркетинга	Производственные подсистемы	Финансовые и учетные подсистемы	Кадровая и квалификационная подсистемы	Подсистемы высших менеджеров
Исследование рынка, сегментация, прогнозирование продаж	Планирование объемов работ, разработка календарных планов	Управление портфелем заказов и ценных бумаг	Анализ и прогнозирование потребностей в трудовых ресурсах	Элементы стратегического планирования. Реагирование на изменения во внешней среде

<sup>1</sup> Граничин О., Кияев В. Указ. соч.

<sup>2</sup> Там же.

Подсистемы маркетинга	Производственные подсистемы	Финансовые и учетные подсистемы	Кадровая и квалификационная подсистемы	Подсистемы высших менеджеров
Управление закупками и продажами	Оперативный контроль и управление производственными процессами	Управление кредитной политикой	Кадровый учет, учет назначений и перемещений	Анализ стратегических и управленческих ситуаций
Рекомендации по изменению номенклатуры продукции	Анализ работы оборудования и потребности в обновлении	Разработка финансового плана	Ведение текущих и архивных записей о персонале	Выявление и решение тактических проблем
Анализ конъюнктуры и рекомендации по установлению цены	Участие в формировании заказов поставщиков	Финансовый анализ, прогнозирование. Контроль исполнения бюджета	Планирование повышения квалификации персонала	Обеспечение процесса выработки стратегических решений
Учет заказов, рекомендации по рекламной деятельности	Управление запасами и ресурсами	Бухгалтерский учет, расчеты и платежи	Контроль обучения персонала	Контроль деятельности фирмы

#### 4.5. Классы задач, решаемых информационными системами

Необходимая ЛПР информация редко присутствует в чистом виде, полезную информацию приходится вычлениать из большого количества данных. Этот процесс, как и соответствующее направление исследований, получил название *Data Mining*, которое состоит из двух понятий: поиска ценной информации в большой базе данных (*Data*) и добычи горной руды (*Mining*). И то, и другое требует или просеивания огромного количества сырого материала, или разумного исследования и поиска искоемых ценностей. Процесс *Data Mining* протекает на трех уровнях, что отражается в переводе его названия на русский язык при помощи трех рассмотренных выше понятий — как добыча *данных*, извлечение *информации* и приобретение *знаний* (см. рис. 4.2).

В отличие от традиционных систем искусственного интеллекта технология интеллектуального поиска и анализа данных *Data Mining*, объединяющая в себе добычу *данных*, извлечение *информации* и приобретение *знаний*, не моделирует естественный интеллект, а усиливает его возможности мощностью современных компьютеров, поисковых систем и хранилищ данных.

ЛПР получают максимальную пользу от информации в том случае, когда она является точной, полной и из нее несложно извлекать знания. На практике же информация, как правило, зашумлена, при этом часто амплитуда полезного сигнала сравнима с амплитудами побочных явлений, что может привести к ошибочным оценкам и решениям. Кроме того, информация из упорядоченных хранилищ может быть объединена с информацией из неструктурированных источников, с предоставлением к ней доступа различным группам пользователей с различными ожиданиями относительно способов ее предоставления. В конечном счете, ЛПР нуждаются в такой информации и в таких знаниях, которые соответствуют их уникальным бизнес-процес-

сам и служат руководством к принятию решений на своем уровне. Среди информационных систем, удовлетворяющих перечисленным требованиям, выделяют следующие группы<sup>1</sup>:

- системы генерации отчетов для формального представления информации;
- аналитические системы для сложного динамического анализа данных;
- системы генерации персональных запросов, анализа и создания отчетов для индивидуальных пользователей, имеющих разнообразные потребности по представлению и анализу информации;
- системы, предназначенные для создания инструментальных панелей руководителя и аналитических приложений для добычи данных.

#### **Обратите внимание!**

*Классы задач*, которые позволяют решать указанные информационные системы. *Аналитика данных* — вычисление заданных показателей и статистических характеристик деятельности организации на основе ретроспективной информации из баз данных.

*Визуализация информации* — наглядное графическое и табличное представление имеющейся информации.

*Извлечение знаний* — определение взаимосвязей и взаимозависимостей бизнес-процессов на основе существующей информации. К данному классу можно отнести задачи проверки статистических гипотез, кластеризации, нахождения ассоциаций и временных паттернов.

*Имитационный анализ* — проведение вычислительных экспериментов с формализованными (математическими) моделями, описывающими поведение сложных систем в течение определенного промежутка времени, с целью анализа возможных последствий принятия управленческих решений.

*Синтез управления* — определение множества допустимых управляющих воздействий, обеспечивающих достижение заданной цели.

*Оптимизация управления* — выбор на множестве допустимых управлений таких, которые обеспечивают наиболее эффективное (по отношению к выбранному критерию) продвижение к поставленной цели.

## **4.6. Типы информации и категории информационных систем**

#### **Обратите внимание!**

Всю информацию, используемую ЛПР в процессе принятия решений, можно разделить на три типа: *формализованную, частично формализованную и неформализованную*. В соответствии со степенью формализации определяются и типы решений — *структурированные, частично структурированные и неструктурированные*.

Примером формализованной информации является представление результатов деятельности организации в виде числовых таблиц, таких как финансовые отчеты, денежные транзакции, платежи, оперативные сводки, заказы, накладные и т.д. Действия с формализованной информацией легко автоматизируются, и они могут проходить практически без участия человека, с помощью информационных *Систем обработки транзакций (Transaction Processing Systems — TPS)*.

<sup>1</sup> *Граничин О., Кияев В. Указ. соч.*

Часть информации изначально является неформализованной, но поддается **частичной формализации**. Например, с помощью такого инструмента стратегического анализа, как матрица БКГ (*Boston Consulting Group – BCG*)<sup>1</sup>, применяемая для оценки влияния факторов внешнего окружения или ответных действий самого предприятия. В этих случаях принятие решений осуществляется в процессе взаимодействия ЛПР с ИС: окончательное решение выбирает человек, пользуясь набором сценариев, предоставленных информационной системой. Сценарии строятся по принципу «что, если...?» с помощью информационных *Систем поддержки принятия решения (Decision Support System – DSS)*.

Значительная часть информации, особенно на верхнем уровне управления, бывает неформализованной – сведения о партнерах и конкурентах, информация с фондовых и валютных бирж, сводные неформальные отчеты, деловая переписка, протоколы встреч, семинаров, научные публикации и обзоры, гипертексты в Интернет. В этом случае ответственность за принятие решения и его результаты лежит на руководителе, при этом главную роль играют его знания, деловой опыт, компетенция и интуиция, а взаимодействие с ИС носит второстепенный характер и лишь дополняет эти качества. Интуитивно простые в использовании, но обладающие максимально широким доступом к достоверной внутренней и внешней информации ИС, носят название *Системы поддержки деятельности руководителя (Executive Support Systems – ESS)*.

Для каждого организационно-управленческого уровня существуют и другие обслуживающие его категории информационных систем (подробнее рассмотренные ниже), которые помогают успешно решать указанные выше классы задач с обработкой соответствующего каждому уровню типа данных (табл. 4.2, рис. 4.5).

Таблица 4.2

**Категории ИС, поддерживающие принятие решений на различных организационно-управленческих уровнях**

Уровни	Решения		
	структурированные	частично структурированные	неструктурированные
Стратегический: управление целями	—	Экспертные ИС (EIS)	ИС поддержки деятельности руководителя (ESS)
Оперативный: регулирование функций	ИС менеджмента (MIS)	ИС поддержки принятия решения (DSS)	—
Тактический: обеспечение информацией	ИС автоматизации офиса (OAS)	ИС работы со знаниями (KWS)	—
Тактический: исполнение операций	ИС обработки транзакций (TPS)	—	—

<sup>1</sup> Хендерсен Б. Продуктовый портфель // Бостонская консалтинговая группа BCG Review : дайджест. М. : Бостонская консалтинговая группа, 2008. — Вып. 02. — С. 7–8.

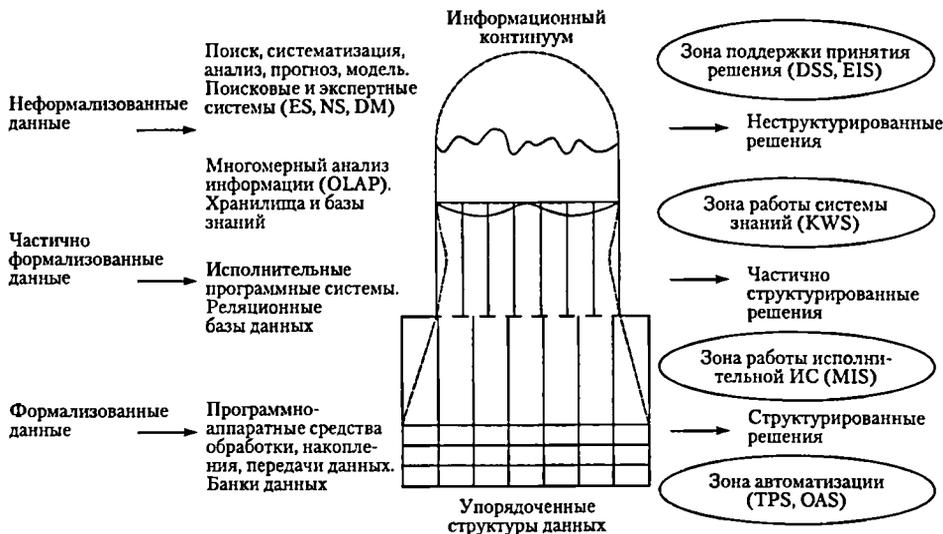


Рис. 4.5. Категории ИС для обработки различных типов информации<sup>1</sup>

Основные характеристики поддерживаемых рассматриваемыми информационными системами процессов сведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Характеристики процессов, поддерживаемых информационными системами<sup>2</sup>

Типы систем	Информационные вводы	Обработка	Информационные выводы	Пользователи
ESS	Совокупные данные; внешние, внутренние	Графика; моделирование; интерактивность	Проекции; реакции на запросы	Старшие менеджеры
DSS	Слабо формализованные данные; аналитические модели	Моделирование; анализ; интерактивность	Специальные доклады; анализ решений; реакция на запросы	Профессионалы; управляющие персоналом
MIS	Итоговые операционные данные; данные большого объема; простые модели	Обычные доклады; простые модели; простейший анализ	Резюме и возражения	Средние менеджеры
KWS	Технические данные проекта; база знаний	Моделирование; проигрывание	Модели; графика	Профессионалы; технический персонал
OAS	Документы; расписания	Документы управления; планирование; связь	Документы; графики; почта	Служащие
TPS	Транзакции; результаты	Сортировка; список; слияние; модифицирование	Детальные доклады; списки; резюме	Оперативный персонал; управляющие

<sup>1</sup> Границин О., Кияев В. Указ. соч.

<sup>2</sup> Ефремов О. В., Беляев П. С. Информационные системы в науке, образовании и бизнесе : учеб. пособие [Электронный ресурс]. Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2006. С. 12. URL: <http://tstu.ru/book/elib/pdf/2006/efremov2.pdf> (дата обращения: 03.08.2015).

## 4.7. Системы обработки транзакций и работы со знаниями

### Определение

*Системы обработки транзакций (Transaction Processing Systems – TPS)* – базовые системы, обслуживающие уровень операционного исполнения в организации, предназначенные для автоматического выполнения большого числа стандартных операций или транзакций.

Цели, задачи и ресурсы на этом уровне точно определены, данные формализованы, а решения структурированы. Соответствие критериям и шаблонам точное, правила однозначны, их выполнение связано с минимальным риском. Объемы обрабатываемых данных велики, но потоки и структура данных полностью идентифицированы и легко контролируются автоматизированными средствами. Информационные системы этого уровня обычно не являются самостоятельными, а выполняются в виде приложений, которые по определенным правилам интегрируются в общую ИС организации.

### Определение

*Системы работы со знаниями (Knowledge Work Systems – KWS)* обслуживают информационные потребности на тактическом уровне обеспечения информации процесса принятия решений, используя разнородную, многопрофильную информацию различной степени формализации.

Цель *систем работы со знаниями* – сформировать «рабочие» знания для сопровождения основной деятельности организации, находить им новые области применения, а также получить дополнительные оригинальные знания, например, для формирования новых подходов при оценке нестандартных ситуаций. Они способствуют систематизации информации, созданию новых знаний и их интеграции в процесс принятия решений на всех уровнях. Рабочие места Систем работы со знаниями выполняются в виде научных или инженерных автоматизированных рабочих мест (АРМ) и также являются частью общей ИС организации. Работники знания – высококвалифицированные ИТ-специалисты с широким научным и техническим кругозором и хорошей профессиональной подготовкой. Несколько примеров известных программных продуктов по формированию и управлению корпоративными знаниями:

- Microsoft Share Point Portal<sup>1</sup> как средство управления знаниями;
- Система формирования и управления знаниями Excalibur Retrieval Ware группы компаний АСК<sup>2</sup>;
- линейка продуктов eDOCS компании Hummingbird<sup>3</sup>.

## 4.8. Системы автоматизации офиса

### Определение

*Системы автоматизации офиса (Office Automation Systems – OAS)* обслуживают информационные потребности на тактическом уровне обеспечения информацией, но в отличие от Систем работы со знаниями имеют дело с почти полностью формализованной информацией. Принимаемые с помощью таких систем решения в большой степени структурированы, и полученные результаты легко прослеживаются.

<sup>1</sup> URL: <http://www.microsoft.ru> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>2</sup> URL: <http://www.ask.ru> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>3</sup> URL: <http://www.hummingbird.ru> (дата обращения: 04.08.2015).

Основные функции *систем автоматизации офиса* — дополнять и контролировать работу Систем обработки транзакций операционного уровня, а также поддерживать делопроизводство и документооборот, которые образуют подсистему документационного обеспечения организации. Пользователями являются менеджеры среднего звена, делопроизводители, секретари, технологи, которым развитый графический интерфейс позволяет успешно работать даже с минимальной подготовкой в области информационных технологий.

*Подсистемы делопроизводства* обеспечивают работу с электронными версиями документов, шаблонами и реквизитами учетно-контрольных форм в соответствии с правилами и стандартами делопроизводства, принятыми в организации. *Подсистемы документооборота* обеспечивают строго регламентированное и контролируемое движение документов внутри и вне организации на основе информационных и коммуникационных технологий. Процессы делопроизводства и документооборота являются процессами, документально отражающими и обеспечивающими управленческие функции.

Примеры программных продуктов, реализующих *системы автоматизации офиса*:

- компания «Lotus» имеет 10-летнюю историю работы на российском рынке с продуктами, реализующими OAS в среде Notes. На их основе многие российские партнеры «Lotus» создали собственные корпоративные приложения в среде Notes, которые автоматизируют сложные процессы делопроизводства и работы с документами;
- среди наиболее известных отечественных продуктов этого класса можно назвать продукты «Босс-Референт» (АйТи), семейство продуктов «Золушка» и «DIS-Assistant» (Институт развития Москвы), ЭСКАДО (Интерпроком Лан), «CompanyMedia» и «OfficeMedia» (ИнтерТраст), «LanDocs» (Ланит) «Optima Workflow» (Оптим).

## 4.9. Информационные системы менеджмента

### Определение

*Информационные системы менеджмента (Management Information Systems — MIS)* предоставляют всем менеджерам среднего и высшего звена текущую информацию о точности выполнения решений, регулирующих основные бизнес-процессы в организации.

*Информационные системы менеджмента* обеспечивают интерактивный доступ к разнообразным показателям текущей деятельности — приказам, распоряжениям, протоколам, сводкам, отчетным формам, и обслуживают функции планирования, управления подразделениями и службами, контроля и поддержки решений на уровне оперативного регулирования. Решения, поддержанные ИС менеджмента, обязательны для исполнения на операционном уровне, пополняют базу знаний на информационном и транслируются на все уровни посредством Систем автоматизации офиса.

Основные характеристики ИС менеджмента:

- работают с формализованной и частично формализованной информацией, поддерживают частично структурированные и слабоструктурирован-

ции СППР располагают различными типами интерфейсов доступа к своим сервисам.

СППР позволяют решать три основные задачи:

- 1) анализ разнородной многомерной и в разной степени формализованной информации в реальном времени;
- 2) последующий интеллектуальный анализ информации с построением моделей развития текущей ситуации;
- 3) ведение отчетности.

**Особенности процесса принятия бизнес-решений.** Процесс принятия делового решения в бизнесе отличается от аналогичного процесса в научной или социальной сфере тем, что преобразование рабочей гипотезы в решение осложняется двумя объективными обстоятельствами. Во-первых, накопление личного опыта в ходе повседневной деятельности у бизнесменов отстает от быстрого изменения экономической ситуации (что особенно характерно для современной России). Во-вторых, в предпринимательской деятельности в условиях свободного рынка практически отсутствует возможность проведения целенаправленных экспериментов, которые позволяют проверять правильность рабочей гипотезы. Таким образом, процесс принятия решения применительно к бизнес-деятельности претерпевает разрыв как минимум дважды: на этапе выдвижения гипотез и на этапе экспериментальной верификации моделей.

Ликвидировать эти разрывы помогает активно развивающееся направление информационных технологий, получившее название быстрый анализ разделяемой многомерной информации (*Fast Analysis of Shared Multidimensional Information — FASMI*).

Здесь наиболее известным и широко применяемым на практике является многомерный анализ данных с помощью оперативной аналитической обработки (*On-Line Analytical Processing — OLAP*). Ценность технологии многомерного анализа данных для бизнеса определяется тем, что она позволяет извлекать и использовать в процессе принятия решений полезную информацию и новые знания из слабо структурированных данных.

Другим реализующим технологию FASMI направлением является динамическое моделирование (*Dynamic Simulation — DS*), с помощью которого аналитик по некоторому сценарию строит модель деловой ситуации, развивающуюся во времени. Результатом могут быть несколько новых бизнес-ситуаций, порождающих дерево возможных решений с оценкой вероятности и перспективности каждого.

Еще одно современное бурно развивающееся направление — интеллектуальный бизнес-анализ (*Business Intelligence — BI*). Оно включает в себя помимо традиционного OLAP-сервиса интеллектуальные средства организации совместного использования информации, возникающей в процессе работы пользователей. В частности, оно обеспечивает электронный обмен отчетными документами, разграничение прав пользователей, доступ к аналитической информации из сетей Internet и Intranet.

**OLAP-технологии.** Главной особенностью технологии OLAP является то, что программные средства оперативного анализа данных предназначены для общения пользователя с проблемой, а не с компьютером, и ориентированы на использование не специалистами в области информационных

технологий или экспертами-статистиками, а профессионалами в области управления — специалистами-аналитиками, средними менеджерами и высшим руководством.

#### **Обратите внимание!**

*Основные принципы* технологии оперативной аналитической обработки (OLAP):

- многомерное концептуальное представление данных, интуитивное оперирование данными, пакетное извлечение данных, их доступность и детализация;
- многопользовательская поддержка на основе архитектуры «клиент-сервер», прозрачный доступ к данным с рабочего стола;
- обработка неформализованных данных, отдельное хранение исходных данных и результатов оперативной обработки, обработка и исключение отсутствующих значений;
- автоматическая настройка физического уровня извлечения данных, гибкость формирования и стандартная производительность отчетов.

OLAP-сервис представляет собой инструмент для анализа больших объемов данных в режиме реального времени. Многомерный OLAP-куб и система соответствующих математических алгоритмов статистической обработки позволяют анализировать данные практически любой сложности на любых временных интервалах. Вся работа с OLAP-системой происходит в терминах предметной области и позволяет строить статистически обоснованные модели деловой ситуации. Взаимодействуя с OLAP-системой, менеджер может осуществлять быстрый просмотр интересующей его информации, получать произвольные срезы данных и выполнять аналитические операции детализации, свертки, сквозного распределения, сравнения во времени одновременно по многим параметрам.

Имея в своем распоряжении гибкие механизмы оперирования данными и визуального отображения информации, пользователь в первую очередь рассматривает с разных сторон данные, которые могут быть (а могут и не быть) связаны с решаемой проблемой. Затем он сопоставляет различные показатели между собой, стараясь выявить скрытые взаимосвязи. Может рассмотреть данные более пристально, детализировав их, например, разложив на составляющие по времени, по регионам или по клиентам. Пользователь может поступить наоборот — еще более обобщить представление информации, убрав отвлекающие подробности. После этого с помощью модуля статистического оценивания и имитационного моделирования строятся несколько вариантов развития событий, из которых выбирается наиболее приемлемый вариант.

#### **Обратите внимание!**

Стандартные методы анализа, определяемые природой OLAP-технологии:

- *факторный (структурный) анализ*, например, анализ структуры продаж для выявления важнейших составляющих в интересующем разрезе;
- *анализ динамики (регрессионный анализ — выявление трендов)*, например, выявление тенденций, сезонных колебаний с наглядным отображением динамики графиком;
- *анализ зависимостей (корреляционный анализ)*, например, сравнение объемов продаж разных товаров во времени для выявления необходимого ассортимента — «корзины»;

- сопоставление (сравнительный анализ), например, сравнение результатов продаж во времени или за заданный период, или для заданной группы товаров;
- исследование распределения вероятностей и доверительных интервалов (дисперсионный анализ). Применяется, например, для прогнозирования и оценки рисков.

Этими видами анализа возможности OLAP не исчерпываются. Например, применяя для вычисления промежуточных и окончательных итогов функции статистического анализа дисперсию, среднее отклонение, моды более высоких порядков, можно получить самые разнообразные виды аналитических отчетов.

**Технологии Data Mining.** В основу современной технологии *Data Mining* положена концепция паттернов, отражающих фрагменты многоаспектных взаимоотношений в данных.

#### Определение

Паттерны представляют собой устойчивые повторяющиеся сочетания данных, отражающие присущие подвыборкам данных закономерности, которые могут быть компактно выражены в понятной человеку форме.

Поиск паттернов производится методами, не ограниченными рамками априорных предположений о структуре выборки и виде распределения значений анализируемых показателей. Найденные паттерны могут отражать неочевидные, неожиданные регулярности в данных, раскрывающие так называемые скрытые знания. Также как и при добыче полезных ископаемых, «сырые» данные могут содержать глубинный пласт знаний, при грамотной раскопке которого можно обнаружить настоящие самородки, дающие ощутимые преимущества в конкурентной борьбе. В первую очередь методы *Data Mining* заинтересовали коммерческие предприятия, развертывающие проекты на основе информационных хранилищ данных. Их опыт показывает, что прибыль от использования *Data Mining* может достигать 1000%.

Примеры заданий на поиск для решения одной и той же задачи при использовании технологии *Data Mining* и OLAP-технологии приведены в табл. 4.5<sup>1</sup>.

Таблица 4.5

#### Сравнение OLAP и Data Mining технологий

OLAP	Data Mining
Каковы средние показатели травматизма для курящих и некурящих?	Встречаются ли точные паттерны в описании людей, подверженных повышенному травматизму?
Каковы средние размеры телефонных счетов существующих клиентов в сравнении со счетами бывших клиентов, отказавшихся от услуг телефонной компании?	Имеются ли характерные портреты клиентов, которые, по всей вероятности, собираются отказаться от услуг телефонной компании?
Какова средняя величина ежедневных закупок по украденной и не украденной кредитной карте?	Существуют ли стереотипные схемы покупок для случаев мошенничества с кредитными картами?

<sup>1</sup> Дюк В. А. Data Mining – интеллектуальный анализ данных [Электронный ресурс]. URL: [http://www.inftech.webservis.ru/it/database/datamining/ar2.html#Розничная торговля \(дата обращения: 04.08.2015\)](http://www.inftech.webservis.ru/it/database/datamining/ar2.html#Розничная_торговля_(дата_обращения:_04.08.2015)).

В целом технологию *Data Mining* достаточно точно определяет один из основателей этого направления Г. Пятецкий-Шапиро<sup>1</sup>.

### Определение

*Data Mining* — это процесс обнаружения в сырых данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности.

*Data Mining* является существенно междисциплинарной областью, возникшей и развивающейся на базе достижений прикладной статистики, распознавания образов, методов искусственного интеллекта, теории баз данных и др. Отсюда проистекает обилие методов и алгоритмов, реализованных в различных действующих системах *Data Mining*<sup>2</sup>, многие из которых интегрируют в себе сразу несколько подходов. Тем не менее в каждой системе имеется некая ключевая компонента, решающая поставленную конкретную задачу.

### Обратите внимание!

Существует пять стандартных типов закономерностей, выявляемых с помощью методов *Data Mining*: ассоциация, последовательность, классификация, кластеризация и прогнозирование.

*Ассоциация* имеет место в том случае, если несколько событий связаны друг с другом. Например, исследование, проведенное в компьютерном супермаркете, может показать, что 55% купивших компьютер берут также и принтер, а при наличии скидки за такой комплект принтер приобретают в 80% случаев.

Цепочка связанных во времени событий образует *последовательность*. Так, например, после покупки квартиры в 45% случаев в течение месяца приобретается и новая кухонная плита, а в пределах двух недель 60% новоселов обзаводятся холодильником.

С помощью *классификации* выявляются признаки, характеризующие класс, к которому принадлежит тот или иной объект. Это делается посредством анализа заранее классифицированных объектов и формулирования некоторого набора правил.

*Кластеризация* отличается от классификации тем, что сами классы заранее не заданы, средства *Data Mining* самостоятельно выделяют различные однородные группы данных.

Основой для всевозможных систем *прогнозирования* служит историческая информация, хранящаяся в БД в виде временных рядов. Если удастся найти паттерны, адекватно отражающие динамику поведения целевых показателей, то с их помощью можно предсказать и поведение системы в будущем.

**Статистические пакеты.** Последние версии почти всех известных статистических пакетов включают наряду с традиционными статистическими

<sup>1</sup> Piatetsky-Shapiro G. Data Mining and Knowledge Discovery / G. Piatetsky-Shapiro // 1996 to 2005: Overcoming the Hype and moving from «University» to «Business» and «Analytics». Data Mining and Knowledge Discovery Journal. 2007.

<sup>2</sup> Дюк В. А., Самойленко А. П. Data Mining : учебный курс. СПб. : Питер, 2001. С. 368.

методами — корреляционным, регрессионным, факторным анализом, также и элементы *Data Mining*. Недостатком таких систем часто считают требование к специальной подготовке пользователя в области математической статистики. Также отмечают, что мощные современные статистические пакеты являются слишком сложными и дорогими для массового применения в бизнесе.

Необходимо отметить более серьезный принципиальный недостаток статистических пакетов, ограничивающий их применение. Большинство методов, входящих в состав пакетов опирается на статистическую парадигму, основанную на усредненных характеристиках выборки, которые при исследовании реальных сложных жизненных феноменов часто являются фиктивными величинами. Это чрезвычайно важное обстоятельство следует обязательно учитывать при анализе многомерных данных с помощью статистических пакетов.

В качестве примеров наиболее мощных и распространенных статистических пакетов можно назвать SAS, SPSS, STATGRAPHICS, STATISTICA, STADIA, R и др. Эти пакеты доступны средним организациям, большие многопрофильные компании могут интегрировать их в свою общую корпоративную сеть.

**Нейронные сети.** Это большой класс систем, архитектура которых имеет аналогию с построением нервной ткани из нейронов. В одной из наиболее распространенных архитектур — многослойном персептроне с обратным распространением ошибки — имитируется работа нейронов в составе иерархической сети, где каждый нейрон более высокого уровня соединен своими входами с выходами нейронов нижележащего слоя. На нейроны самого нижнего слоя подаются значения входных параметров, на основе которых нужно принимать решения, прогнозировать развитие ситуации и т.д. Эти значения рассматриваются как сигналы, передающиеся в следующий слой, ослабляясь или усиливаясь в зависимости от числовых значений (весов), приписываемых межнейронным связям. В результате на выходе нейрона самого верхнего слоя вырабатывается некоторое значение, которое рассматривается как ответ — реакция всей сети на введенные значения входных параметров.

Для того чтобы сеть можно было применять, ее прежде надо обучить на полученных ранее данных, для которых известны и значения входных параметров, и правильные ответы на них. Тренировка состоит в подборе весов межнейронных связей, обеспечивающих наибольшую близость ответов сети к известным правильным ответам.

Основным недостатком нейросетевой парадигмы является необходимость иметь очень большой объем обучающей выборки с правильными ответами, хотя современные хранилища знаний относительно легко позволяют делать это. Другой существенный недостаток заключается в том, что даже обученная нейронная сеть представляет собой классический черный ящик, получающий на входе начальные условия, каким-то образом обрабатывающий и выдающий на выходе прогноз. Действительно, знания, зафиксированные как веса нескольких сотен межнейронных связей, практически не поддаются анализу и интерпретации человеком.

Примеры используемых нейросетевых систем — BrainMaker, NeuroShell, OWL.

**Экспертные системы.** В отличие от нейронных сетей, где прогноз формируется без участия человека, экспертные системы включают одного или нескольких специалистов высокого класса в качестве своего элемента. Экспертная система имеет разветвленную сеть, позволяющую делать запросы и глубокий поиск в базах данных и хранилищах знаний.

Нейронные сети работают на принципе передачи информации от одних слоев нейронов к другим, причем изменения информации, происходящие во время передачи, обусловлены заранее не оговоренными эвристическими правилами. В экспертных же системах существует жесткий логический каркас — модель представления знаний (МПЗ) и машина вывода, которая автоматически проводит линию рассуждения по заложенным в МПЗ правилам и использует параметры, вовлеченные в решение. В результате выдается экспертное заключение с вероятностной оценкой его надежности. Интерфейс допускает работу сразу нескольких пользователей, не являющихся специалистами в предметной области экспертов.

Экспертные системы также можно обучать. Если ответ известен заранее по результатам оценок специалистов-экспертов, то он сопоставляется с ответом, порожденным экспертной системой, правила (и даже МПЗ) изменяются за счет пополнения новыми знаниями, затем проводится следующая итерация.

Экспертные системы широко применяются в бизнесе, часто работают независимо и не включаются в корпоративные информационные сети. Как правило, они узко специализированы в данной предметной области: научные, транспортные, медицинские, банковские, торговые, юридические и т.д.

#### **Примеры систем поддержки принятия решений.**

*Экспертная система поддержки принятия решений (ЭСППР)*<sup>1</sup>. Система ориентирована на автоматизацию процедуры анализа проблемных ситуаций и выбора эффективных решений. Относится к классу информационных систем, сочетающих преимущества экспертных систем и систем поддержки принятия решений.

*Expert Choice*<sup>2</sup>. Коммерческий программный продукт, разработанный на основе метода анализа иерархий для поддержки принятия решений различных организациям. Система имеет три варианта поставки: *Comparison Core*<sup>™</sup>, *Expert Choice 11.5*<sup>™</sup> и *Expert Choice Inside*.

*Super Decisions*<sup>3</sup>. Программный продукт, разработанный на основе метода аналитических сетей (*Analytic Network Process*).

*Decision Lens (Decision Lens Web)*<sup>4</sup>. Коммерческий программный продукт для поддержки принятия решений, обладающий следующими методологическими особенностями: теоретические основы системы — методы анализа иерархий и аналитических сетей; наличие веб-интерфейса; возможность групповой работы.

*Imaginatik Idea Central*<sup>5</sup>. Коммерческая система, являющаяся веб-приложением для обработки мнений экспертов.

<sup>1</sup> Кравченко Т. К. Информатизация принятия экономических решений // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2008. № 9. С. 46–55.

<sup>2</sup> URL: <http://www.expertchoice.com> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>3</sup> URL: <http://www.superdecisions.com> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>4</sup> URL: <http://www.decisionlens.com> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>5</sup> URL: <http://www.imaginatik.com> (дата обращения: 04.08.2015).

**UTA PLUS**<sup>1</sup>. Реализует метод UTA, который может быть использован для решения задач многокритериального анализа. Программа имеет наглядный графический интерфейс.

**ELECTRE IS**<sup>2</sup>. Система из семейства ELECTRE, основанная на многокритериальном методе, который позволяет использовать псевдокритерии и пороговые значения при принятии решений. В процессе вычислений система строит граф. Искомый набор альтернатив — ядро этого графа.

**ELECTRE III-IV**<sup>3</sup>. Система, реализующая метод из семейства ELECTRE для критериев, которые не имеют оценок относительной значимости. Метод, лежащий в основе системы, позволяет ранжировать альтернативы.

**ELECTRE TRI**<sup>4</sup>. Система, реализующая метод из семейства ELECTRE для решения проблем, которые требуют сегментации. Процесс сегментации основан на оценке внутренней стоимости альтернатив. В системе существует модуль, способный самообучаться на тестовых ситуациях, определяя параметры модели. Успешно применяется в задачах с большим количеством альтернатив.

**IRIS**<sup>5</sup>. Система реализует задачу сортировки альтернатив в многокритериальных задачах принятия решений. Допускает задание пороговых ограничений пользователем для критериев. Способна оценивать точность вычислений. Выводит результат вычислений в виде отчета.

**Император 3.1**<sup>6</sup>. Возможности программы позволяют решать задачи рейтингования, выбора альтернатив, распределения ресурсов, прогнозирования, планирования, учета предпочтений, моделирования ситуаций. В основу системы положен метод анализа иерархий.

**СППР «Эксперт»**<sup>7</sup>. Система основана на методе анализа иерархий. Особенности системы: поддержка как числовых значений, так и субъективных вербальных предпочтений пользователя. Возможность анализа данных на предмет согласованности и достоверности, исправление несогласованности. Удобный графический интерфейс, инструменты для формализации проблемы, анализа результатов. Подробные печатные отчеты. Наличие библиотеки типовых иерархий для решения задач прогнозирования и управления в различных сферах деятельности. Наличие библиотеки решений типовых задач в области финансов, экономики, управления персоналом, предприятием и т.п.

**ОПТИМУМ**<sup>8</sup>. Система основана на методе анализа иерархий. Реализована возможность настройки пользовательского интерфейса. Каждый пользователь может создать для себя удобное рабочее место в данной программе.

**СППР «Выбор» 5.3**<sup>9</sup>. Система является простым и удобным средством, которое поможет структурировать проблему; построить набор альтернатив; выделить характеризующие их факторы; задать значимость этих факторов;

---

<sup>1</sup> URL: <http://www.lamsade.dauphine.fr/spip.php?article236> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Там же.

<sup>5</sup> URL: <http://www.uc.pt/feuc/ldias/software/iris> (дата обращения: 31.08.2015).

<sup>6</sup> URL: <http://www.neirosplav.com> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>7</sup> URL: [http://lab12.geosys.ru/pageslab/lab12\\_expert.htm](http://lab12.geosys.ru/pageslab/lab12_expert.htm) (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>8</sup> URL: <http://www.tomakechoice.com/paper/Odessa2009p.pdf> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>9</sup> URL: <http://www.ciritas.ru/product.php?id=10> (дата обращения: 31.08.2015).

оценить альтернативы по каждому из факторов; найти неточности и противоречия в суждениях ЛПП/эксперта; ранжировать альтернативы; провести анализ решения и обосновать полученные результаты.

**MPRIORITY**<sup>1</sup>. Систему отличает диалоговый интерфейс, адаптированный под особенности метода анализа иерархий и восприятие пользователя. Диалоговые средства позволяют получать наиболее полную информацию о проведенных попарных сравнениях и устранять возможные несогласованности в матрицах попарных сравнений. Использование механизма шаблонов позволяет пользователю адаптировать систему под область своей деятельности.

**WinEXP**<sup>2</sup>. В основе системы метод анализа иерархий. Функциональные возможности системы: создание сложных и разветвленных иерархий, вычисление приоритетов альтернативных решений. Достоинства системы: дружественный интерфейс, включающий интерактивную справку. Возможность расширения системы. Универсальность системы в отношении ее применения в различных областях деятельности.

## 4.12. Информационные системы поддержки деятельности руководителя

### Определение

Системы поддержки деятельности руководителя (*Executive Support Systems — ESS*) позволяют принимать неструктурированные решения на стратегическом уровне управления организацией и проводить системный анализ информации из внешней среды лучше, чем любые прикладные и специализированные ИС.

Такие системы поставляют совокупность текущей информации — с одной стороны, внешней: курсы акций, спрос и предложения по отрасли, политические новости, экономические обзоры, прогнозы динамики цен и выбора оптимальной структуры инвестиционного портфеля (основанные на различных эмпирических моделях динамики рынка), с другой стороны, внутренние: данные аналитического учета по организации из внутренних модулей информационных систем менеджмента (MIS) и поддержки принятия решений (DSS). В отличие от последних, информационные системы поддержки деятельности руководителя (ESS) фильтруют, упорядочивают данные и выявляют критические параметры по заданным статистическим критериям, сокращая время и усилия для подготовки необходимой руководителю информации. В таких системах используют самое современное программное обеспечение, которое может поставлять нужную графическую, аудио- и видеoinформацию немедленно в офис руководителя, в зал заседаний, на экран планшета или гаджета.

Системы ESS часто используют несложный статистический аппарат, но максимально учитывают сложившуюся в организации специфику области бизнеса (профессиональный язык, системы различных индексов и пр.). В отличие от других информационных систем (TPS, MIS, DSS) они не предназначены для решения какого-то определенного круга проблем, обес-

<sup>1</sup> URL: <http://www.tomakechoice.com/mpriority.html> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>2</sup> URL: <http://www.teleform.ru/projects/winexp/> (дата обращения: 31.08.2015).

печивают оперативную передачу обобщенной неформализованной информации для оценки ситуаций с динамично изменяющимся набором проблем.

Системы ESS используют более простые алгоритмы оценивания, чем DSS, их аналитические возможности позволяют строить относительно простые модели, которые можно прямо применять для предварительной оценки ситуации, формировать пакеты информации по заданным темам и представлять комфортный доступ для высшего руководства без посредников. Интерфейс максимально дружелюбен, используются наглядная графика, аудио- и видеосредства, мобильная связь, современные методы хранения и представления данных, а также проведения видеоконференций в удаленных офисах. В отличие от универсальных экспертных систем и компактных приложений анализа данных, информационные системы ESS делаются обычно индивидуально «под заказ» и в виде исполнительных модулей входят в корпоративную информационную систему организации.

В настоящее время с развитием технологий Internet/Intranet круг пользователей ESS значительно расширился и охватывает практически все уровни принятия решений (кроме операционного). Информационные базы ESS содержат большие объемы наглядной и архивной информации, которая может быть очень полезна на всех уровнях выполнения проектов. Современные системы ESS широко используют и технологии географических информационных систем (*Geographical Information System — GIS*), которые до последнего времени не получали широкого применения из-за высокой стоимости и необходимости дописывать нужные программные модули и интерфейсы. Многопрофильные и многонациональные корпорации последней четверти XX в., связанные с нефтяным, геологоразведочным, авиатранспортным, рыболовным, туристическим бизнесом, сделали географические информационные системы необходимым приложением к информационной системе общего пользования корпорации.

Примером долгоживущей системы ESS может быть пакет Comshare's Commander Decision<sup>1</sup>, выполненный по технологии «клиент-сервер». Пакет работает с информацией любого вида, включая запросы, вычисления, несложный статистический анализ данных, работу с таблицами, гипертекстом, обеспечивает выборочный контроль, распознавание информации по шаблонам, демонстрацию диаграмм по лучшим и худшим показателям, указывает на необходимость обновить информацию по текущим выборкам данных.

В качестве примера современной ESS укажем систему QlikView<sup>2</sup> — BI-платформу с ассоциативным поиском в оперативной памяти со встроенными средствами извлечения данных из внешних источников, их трансформации и очистки для соответствия нуждам бизнес-модели, и загрузки в хранилище данных. В 2012 г. система включена в группу лидеров магического квадранта Gartner<sup>3</sup> поставщиков платформ Business Intelligence. Начиная с версии 11 платформой поддерживается доступ с iPhone, iPad и мобильных устройств под управлением Android.

---

<sup>1</sup> URL: <http://www.comshare.com> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>2</sup> URL: <http://www.qlik.com/us/explore/products/qlikview> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>3</sup> EPM Live Market Recognition. Gartner Magic Quadrant (англ.). EPM Live (2010).

## Резюме

Структура и функциональное назначение информационных систем должны соответствовать структуре и функциям организации, целям управления и принимаемым решениям, а также возможностям применяемых информационных технологий. Построение ИС начинается с анализа структуры управления организацией. Уровни принятия решений характеризуются сложностью решаемых задач, соответствующим набором функций и видом информационной поддержки. С повышением уровня возрастают как степень компетентности и ответственности ЛПР, так и время реализации принимаемых решений.

ИС стратегического уровня целеполагающего управления предназначены для использования руководителями высшего звена в целях получения преимуществ деятельности организации в конкурентной борьбе на экономических рынках. ИС оперативного уровня функционального регулирования разрабатывают для обеспечения контрольных, управляющих и административных действий менеджеров среднего звена. ИС тактического уровня информационного обеспечения предназначены для специалистов по информационным технологиям, анализу текущей информации, обработке, хранению и представлению данных. ИС тактического уровня операционного исполнения предназначены для исполнителей, которые поддерживают элементарные действия организации — такие как продажи, платежи, бухгалтер, проведение транзакций, оперативные финансовые решения, управление операциями, регулирование потоков материалов и продукции на производстве и т.п.

Информационные системы естественным образом распределяются и по функциональным областям. Каждая из базовых организационных функций — продажи и маркетинга, производства, финансов, бухгалтерского учета и управления человеческими ресурсами, как правило, обслуживается собственной профильной системой, а в крупных организациях у каждой главной функции могут быть свои локальные информационные подсистемы.

Информационные системы позволяют решать следующие классы задач. Аналитика данных — вычисление заданных показателей и статистических характеристик деятельности организации на основе ретроспективной информации из баз данных. Визуализация информации — наглядное графическое и табличное представление имеющейся информации. Извлечение знаний — определение взаимосвязей и взаимозависимостей бизнес-процессов на основе существующей информации. Имитационный анализ — проведение вычислительных экспериментов с формализованными моделями с целью анализа возможных последствий принятия управленческих решений. Синтез управления — определение множества допустимых управляющих воздействий, обеспечивающих достижение заданной цели. Оптимизация управления — выбор на множестве допустимых управлений таких, которые обеспечивают наиболее эффективное (по отношению к выбранному критерию) продвижение к поставленной цели.

Всю информацию, используемую ЛПР в процессе принятия решений, можно разделить на формализованную, частично формализованную и неформализованную. В соответствии со степенью формализации определяются и типы принимаемых решений — структурированные, частично структури-

рованные и неструктурированные. Для каждого из таких типов решений и для каждого организационно-управленческого уровня существуют следующие обслуживающие их категории информационных систем, которые помогают успешно решать указанные выше классы задач с обработкой соответствующего типа данных.

Системы обработки транзакций (*Transaction Processing Systems – TPS*) – базовые системы, обслуживающие уровень операционного исполнения в организации, предназначенные для автоматического выполнения большого числа стандартных операций или транзакций. Системы работы со знаниями (*Knowledge Work Systems – KWS*) обслуживают информационные потребности на тактическом уровне обеспечения информацией процесса принятия решений, используя разнородную, многопрофильную информацию различной степени формализации. Системы автоматизации офиса (*Office Automation Systems – OAS*) обслуживают информационные потребности на тактическом уровне обеспечения информацией, но в отличие от систем работы со знаниями имеют дело с почти полностью формализованной информацией, принимаемые с помощью таких систем решения в большой степени структурированы, и результаты легко прослеживаются. Информационные системы менеджмента (*Management Information Systems – MIS*) предоставляют всем менеджерам среднего и высшего звена текущую информацию о точности выполнения решений, регулирующих основные бизнес-процессы в организации. Системы поддержки принятия решений (*Decision Support System – DSS*) позволяют конечным пользователям интерактивно работать со всеми типами информации, проводить аналитические исследования, строить модели и разыгрывать сценарии для решения слабоструктурированных и даже неструктурированных проблем в инновационных проектах. Системы поддержки деятельности руководителя (*Executive Support Systems – ESS*) позволяют принимать неструктурированные решения на стратегическом уровне управления организацией и проводить системный анализ информации из внешней среды лучше, чем любые прикладные и специализированные ИС.

### Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы

1. Что представляют собой информационные системы?
2. Что понимается под управлением организацией?
3. Какие уровни принятия решений выделяют в организационно-управленческой структуре?
4. В чем различие между данными, информацией и знаниями?
5. Что такое обратная связь?
6. Какие классы задач позволяют решать ИС?
7. Какие типы решений и типы информации выделяют по степени формализации?
8. Какие категории информационных систем существуют для обслуживания каждого из типов решений и организационно-управленческого уровня?
9. Каковы особенности и назначение систем обработки транзакций (TPS)?
10. Каковы особенности и назначение систем работы со знаниями (KWS)?
11. Каковы особенности и назначение систем автоматизации офиса (OAS)?
12. Каковы особенности и назначение информационных систем менеджмента (MIS)?

13. Каковы особенности и назначение систем поддержки принятия решений (DSS)?
14. Каковы особенности и назначение систем поддержки деятельности руководителя (ESS)?

### Темы рефератов и докладов

1. Характеристики уровней принятия решений в организации.
2. Принцип обратной связи в технике, природе и обществе.
3. Соотношение данных, информации, знаний и решений в рамках субъект-объектной парадигмы.
4. Особенности и возможности технологий *Data Mining*.
5. Сущность и структура OLAP-технологий.
6. Особенности применения матрицы VCG для оценки факторов внешнего окружения.
7. Примеры практического применения современных экспертных систем.

### Рекомендуемая литература

#### *Литература на русском языке*

1. *Андрейчиков, А. В.* Интеллектуальные информационные системы : учебник / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. — М. : Финансы и статистика, 2004. — 424 с.
2. *Брюс Белоусова, С.* Основы информационных технологий / С. Брюс Белоусова [и др.]. — М. : Интуит, 2012.
3. *Граничин, О.* Информационные технологии в управлении предприятием / О. Граничин, В. Княев. — М. : Интуит, 2014.
4. *Хендерсен, Д.* Продуктовый портфель / Д. Хендерсен // Бостонская консалтинговая группа VCG Review : дайджест. — М. : Бостонская консалтинговая группа, 2008. — Вып. 02. — С. 7–8.
5. *Дюк, В. А.* Data Mining. Учебный курс / В. А. Дюк, А. П. Самойленко. — СПб. : Питер, 2001. — 368 с.
6. *Ефремов, О. В.* Информационные системы в науке, образовании и бизнесе : учеб. пособие / О. В. Ефремов, П. С. Беляев. — Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2006. — 12 с.
7. *Маджаро, С.* Международный маркетинг / С. Маджаро. — М. : Международные отношения, 1979.
8. *Семак, Е. А.* Международный маркетинг : учеб.-метод. пособие / Е. А. Семак. — Минск : БГУ, 2004. — 150 с.
9. *Уткин, В. Б.* Информационные системы и технологии в экономике : учебник для вузов / В. Б. Уткин, К. В. Балдин. — М. : Юнити-Дана, 2003. — 335 с.
10. *Черенков, В. И.* Международный маркетинг / В. И. Черенков. — СПб. : Знание, 2003. — 264 с.

#### *Литература на иностранных языках*

1. *Piatetsky-Shapiro, G.* Data Mining and Knowledge Discovery / G. Piatetsky-Shapiro // 1996 to 2005: Overcoming the Hype and moving from «University» to «Business» and «Analytics». Data Mining and Knowledge Discovery Journal. — 2007.

# Глава 5

## СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

### 5.1. Общие вопросы создания СППР

Как было показано выше, процесс формирования управленческого решения является достаточно сложным. Поиск окончательного управленческого решения может быть связан с необходимостью оперативной обработки больших объемов информации, с использованием различных методов, алгоритмов и правил построения альтернативных и (или) предлагаемых в качестве окончательных управленческих решений. Задача может осложняться потребностью анализа большого числа управленческих альтернатив и применением нетривиальных правил отбора окончательных решений.

Именно в подобных ситуациях оказывается оправданным использование специальных программно-аппаратных комплексов, которые позволяют ЛПР за счет возможностей современных электронно-вычислительных машин по сбору, хранению и обработке информации, на основе конкретных моделей, алгоритмов и правил построения сценариев развития, а также за счет использования различных инструментальных средств принимать обоснованные решения в сложных ситуациях. Именно такие специальные программно-аппаратные комплексы специалисты часто называют системами поддержки принятия управленческих решений (СППР).

#### **Историческая справка**

История появления первых систем поддержки принятия решений восходит к рубежу 1960–1970-х гг., когда для подготовки управленческих решений стали использоваться ЭВМ, обрабатывающие сложные модели рынков сбыта товаров, управления запасами и перевозками. Подробное описание истории возникновения СППР, эволюции определений этих информационных систем и их классификацию можно найти в депонированной работе О. И. Ларичева и А. Б. Петровского «Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития»<sup>1</sup>. Пионерной по системам поддержки решений считается публикация Скотта Мортон «Management Decision Systems»<sup>2</sup>. Пример

<sup>1</sup> Ларичев О. И., Петровский А. Б. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития [Электронный ресурс] // Итоги науки и техники. Сер. «Техническая кибернетика». Т. 21. М.: ВИНТИ, 1987. С. 131–164. URL: [http://www.raai.org/library/papers/Larichev/Larichev\\_Petrovsky\\_1987.pdf](http://www.raai.org/library/papers/Larichev/Larichev_Petrovsky_1987.pdf) (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>2</sup> Michael S. Scott Morton. Management Decision Systems: Computer-Based Support of Decision Making. Harvard University Press, 1971. P. 216.

Анализ современного состояния исследований в области разработки СППР, проведенный методами Интернет-аналитики<sup>2</sup> с использованием информационных ресурсов отечественной электронной библиотеки eLIBRARY.RU<sup>3</sup>, зарубежных баз научных журналов и книг Scopus<sup>4</sup>, Web of Science<sup>5</sup>, а также специализированного наукометрического сервиса Академия Google (Google Scholar)<sup>6</sup>, показывает, что большинство работ<sup>7</sup> посвящено лишь отдельным, в основном, технологическим аспектам проектирования, создания, внедрения и сопровождения СППР, зачастую привязанным к конкретной предметной области. При этом исследования, содержащие методологические рекомендации в области создания СППР, не связанные со спецификой технологии реализации или предметной сферы, встречаются существенно реже<sup>8</sup>.

<sup>1</sup> Тарасенко Р. Ю., Храпов И. В. Информационное обеспечение системы поддержки принятия решений на крупнотоннажных предприятиях промышленного комплекса // Прикладная информатика, 2012. № 4 (40). С. 16–20.

<sup>2</sup> Юрков А. В. Интернет-аналитика для поиска наукометрических данных // Прикладная информатика. 2015. Т. 10. № 3. С. 44–51.

<sup>3</sup> Крупнейшая в России электронная библиотека научных публикаций, интегрирована с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ).

<sup>4</sup> Реферативная база данных научных журналов одного из крупнейших издательств мира Elsevier. Информация о базе на сайте издательства по адресу <http://www.elsevier.com/online-tools/scopus>. Ведущие университеты России имеют доступ к ресурсу по подписке, осуществляемой через Национальный электронно-информационный консорциум (НЭИКОН) [www.neicon.ru](http://www.neicon.ru) (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>5</sup> Полнотекстовая база данных научных журналов и книг издательства Thomson Reuters. Наряду со Scopus является признанным источником наукометрической информации. Доступ по подписке для зарегистрированных пользователей.

<sup>6</sup> Адрес Академии Google в Интернете <http://scholar.google.com>, русскоязычная версия — <http://scholar.google.ru> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>7</sup> См., например: Brans J. P., Mareschal B. The PROMCALC & GAIA decision support system for multicriteria decision aid // Decision support systems. 1994. Т. 12. № 4. С. 297–310; Grabski S. V., Leech S. A., Schmidt P. J. A review of ERP research: A future agenda for accounting information systems // Journal of Information Systems. 2011. Т. 25. № 1. С. 37–78; March S. T., Hezner A. R. Integrated decision support systems: A data warehousing perspective // Decision Support Systems. 2007. Т. 43. № 3. С. 1031–1043; Варшавский П. Р., Еремеев А. П. Поиск решения на основе структурной аналогии для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2005. № 1. С. 97–109; Гольфанд И. Я., Крапухина Н. В. Разработка СППР на основе управления стоимостью предприятия в условиях неопределенности // Прикладная информатика. 2009. № 5. С. 94–102; Морозов А. А. и др. Состояние и перспективы нейросетевого моделирования СППР в сложных социотехнических системах // Математические машины и системы. 2010. Т. 1. № 1. С. 127–149; Романов В. П. Интеллектуальные информационные системы в экономике : учебник. М. : Экзамен, 2003. С. 496; Смирнова Г. Н., Сорокин А. А., Тельнов Ю. Ф. Проектирование экономических информационных систем. М. : Финансы и статистика, 2002. С. 223.

<sup>8</sup> См., например: Shim J. P. et al. Past, present, and future of decision support technology // Decision support systems. 2002. Т. 33. № 2. С. 111–126; Андрейчиков А. В., Иванюк В. А. Разработка качественной модели оценки деятельности предприятий сектора экономики малого предпринимательства на основе теории многокритериального принятия решений // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2006. № 4. С. 26–29; Бабкин Э. А. и др. Общие принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2011. № 2. С. 49–59; Геловани В. А. и др. Интеллектуальные ∞

Тем не менее в связи с развитием рынка применения информационных систем и необходимостью разработки, создания, внедрения, последующего сопровождения СППР на промышленной основе необходимо понимание и осознание методологических аспектов создания любых систем поддержки принятия решений.

**Определение понятия «система поддержки принятия решений».** В настоящее время существуют разные определения СППР. Их многообразие обусловлено тем, какой именно аспект создания и функционирования СППР авторы хотят подчеркнуть. При этом к существенным для пользователей СППР относят:

- обеспечение системой информационной и вычислительной поддержки процесса принятия решений. В этом случае под СППР понимают программно-аппаратный комплекс, используемый для сбора и хранения информации, систематизации экономико-математических методов и алгоритмов ее обработки и анализа, а также инструментальных средств, в том числе инструментов визуализации, предоставляющих результаты в удобной для ЛПР форме;

- использование системы для управления в разных временных промежутках. В этом случае выделяют СППР, используемые для выработки решений в рамках стратегического, долгосрочного, среднесрочного и оперативного управления;

- персонал, пользующийся услугами СППР. В этом случае говорят об СППР, применяемых для выработки управленческих решений средним или высшим управляющим звеном организации;

- особенности результатов, полученных с использованием СППР. В данном случае выделяют СППР, используемые, например, для проведения экономического анализа.

Перечисленные выше цели, уровни в иерархии систем управления, причины создания и функционирования СППР, направления и результаты их использования, а также описанная структура СППР как самостоятельной информационно-аналитической системы, применяемой ЛПР для подготовки обоснованных управленческих решений, определяют следующее понятие системы поддержки принятия решений.

#### **«Определение»**

Система поддержки принятия решений — это информационно-аналитический комплекс, используемый лицом, принимающим решение, для получения:

- информационной и методологической поддержки подготовки управленческого решения;
- сведений об экономико-математических методах и инструментальных средствах, применяемых для обработки анализируемой в процессе подготовки решения исходной и оперативной информации;
- результатов переработки этой информации в виде, удобном для подготовки принятия решения;
- альтернативных или окончательных управленческих решений.

Э системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды [Электронный ресурс]. М. : Эдиториал УРСС. 2001. 300 с. URL: [http://www.rfbr.ru/rffi/portal/books/o\\_36705](http://www.rfbr.ru/rffi/portal/books/o_36705) (дата обращения: 04.08.2015); *Джексон П.* Введение в экспертные системы. М. : Вильямс, 2001. 624 с.; *Курейчик В. М.* Особенности построения систем поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 7. С. 92–98.

**Причины создания СППР.** Потребность в создании СППР возникает в случаях:

- когда для формирования управленческого и в том числе конкретного экономического решения в приемлемые сроки необходима обработка значительных объемов информации, возможная лишь при автоматизации этого процесса с использованием ЭВМ;

- когда информация, необходимая для принятия решения, не отвечает какому-либо из требований актуальности, объективности, достоверности, точности и полноты или содержит противоречивые сведения, и поэтому требуются ее переработка, анализ, фильтрация и обобщение до уровня, приемлемого для ЛПР;

- когда необходимо проанализировать результаты воздействия на управляемую систему многочисленных внешних событий и факторов, а также ранее принятых управленческих и экономических решений;

- при необходимости оперативного рассмотрения большого числа возможных исходов и сценариев развития ситуации из-за постоянного изменения внешней среды и условий, в которых находится управляемая система;

- когда моделирование поведения внешней среды и управляемой системы, а также обработка данных и формирование управленческих и экономических решений затруднительны или невозможны без использования сложных экономико-математических методов и трудоемких вычислительных алгоритмов;

- при решении сложных слабоструктурированных многокритериальных задач, в частности, при выборе управленческих и экономических решений на основе правил предпочтения альтернатив, в условиях отсутствия точных алгоритмов принятия решений;

- для поиска приемлемых альтернативных решений, используемых для выбора и принятия окончательного решения, — таких альтернатив может быть много, а поиск каждой конкретной без применения вычислительной техники затруднителен;

- при поиске оптимальной или эффективной альтернативы на широком множестве приемлемых управленческих решений — особенно в условиях, когда точными методами или перебором за обозримое время этого достичь невозможно;

- для автоматизации аналитической деятельности, необходимой для оперативной и качественной интерпретации результатов управленческих и экономических решений.

**Цель создания СППР, функции СППР.** Основная цель создания и функционирования СППР в сфере экономики и управления — предоставление лицу, принимающему решение, определенной информации и сведений, необходимых для обоснованного принятия окончательного решения. Эта цель может быть достигнута при выполнении системой следующих основных функций:

- предоставление сведений по методологической и информационной поддержке принятия решений;

- моделирование поведения управляемой системы и воздействия на нее внешней среды (факторов) и принимаемых решений;

- подбор подходящих инструментальных средств для обработки информации и реализации различных алгоритмов поиска решений;

- реализация конкретных экономико-математических методов и инструментальных средств, используемых для достижения целей и задач, на решение которых направлена СППР.

## 5.2. Методологические аспекты создания СППР

**Возможные результаты функционирования СППР.** Ими могут быть:

- переработанная исходная информация;
- альтернативные управленческие или экономические решения;
- управленческие или экономические решения, предлагаемые системой как окончательные.

В зависимости от специфики исследуемой ситуации, создаваемая СППР может быть направлена на решение задач:

- только по переработке исходной информации в целях представления ее в виде, удобном для ЛПР при принятии им каких-либо управленческих или экономических решений;
- по предварительной обработке информации в целях использования полученных результатов для формирования альтернативных и (или) окончательных управленческих или экономических решений;
- по формированию альтернативных управленческих или экономических решений;
- по формированию решений, предлагаемых системой как окончательные;
- по формированию альтернативных решений и выбору тех из них, которые предлагаются системой как окончательные.

**Степень охвата системой поддержки принятия решений методологической информации.** В зависимости от варианта охвата системой поддержки принятия решений методологической информации, используемой для решения конкретных задач, возложенных на СППР, различают СППР, рассматриваемую в узком и широком смысле.

Чаще всего термин «система поддержки принятия решений» используется в узком смысле, когда под СППР понимают программно-аппаратный комплекс, который позволяет лицу, принимающему решение, за счет возможностей современных электронно-вычислительных машин по сбору, хранению и обработке информации, на основе конкретных моделей, алгоритмов и правил построения сценариев развития, а также за счет использования различных инструментальных средств принимать обоснованные решения в сложных ситуациях. Тем не менее потребность в предоставлении ЛПР дополнительной информации, в первую очередь, методологической по особенностям реализации самих процессов управления и по порядку выработки и принятия экономических решений, по экономико-математическим методам и инструментальным средствам принятия решений, приводит к рассмотрению СППР в широком смысле, когда система включает и эту информацию.

В этом случае под системой поддержки принятия решений понимают информационно-аналитический комплекс, используемый для получения:

- информационной и методологической поддержки подготовки управленческого или экономического решения;
- сведений об экономико-математических методах и инструментальных средствах, применяемых для обработки анализируемой в процессе подготовки решения исходной и оперативной информации;

- результатов переработки этой информации в виде, удобном для подготовки принятия решения;
- альтернативных или окончательных управленческих решений.

**Структура системы поддержки принятия решения.** Она определяется степенью охвата системой методологической информации (второй методологический аспект) и содержанием конкретных задач, возложенных на систему (рис. 5.1).

**Структура СППР, рассматриваемой в широком смысле.** Каждая СППР разрабатывается либо совершенствуется под решаемую управленческую или экономическую проблему и должна учитывать особенности процесса принятия решений, существующие в организации. Тем не менее можно обозначить три основные функциональные компоненты СППР: базу данных (или базу знаний), библиотеку моделей, методов и инструментальных средств, а также интерактивный пользовательский интерфейс. Именно поэтому для лица, принимающего решение, особую важность в структуре СППР имеют следующие подсистемы:

- Подсистема 1 «Общая информационная и методологическая поддержка принятия решений»;
- Подсистема 2 «Общая информация по экономико-математическим методам и инструментальным средствам принятия решений»;
- Подсистема 3 «Конкретные задачи предметной области».



Рис 5.1. Концептуальная схема СППР (в широком смысле)

Содержание подсистем 1 и 2 по сути должно представлять собою справочную информацию, используемую при формировании управленческих или экономических решений, т.е. используемую при решении конкретных задач, рассматриваемых внутри подсистемы 3. Фактически подсистемы 1 и 2 предоставляют информационную и методологическую поддержку, используемую для работы подсистемы 3, решение конкретных задач внутри этой подсистемы 3 предполагает использование тех знаний, которые представлены ими. Именно поэтому объем справочной информации в подсистемах 1 и 2 будет напрямую зависеть от специфики задач, решаемых подсистемой 3.

Заметим, что подсистема 3 в то же время фактически является самостоятельной СППР, рассматриваемой в узком смысле, когда вопросы методологической и информационной поддержки процесса решения задач, связанные с формированием окончательного управленческого или экономическую решения, выносятся «за ее скобки».

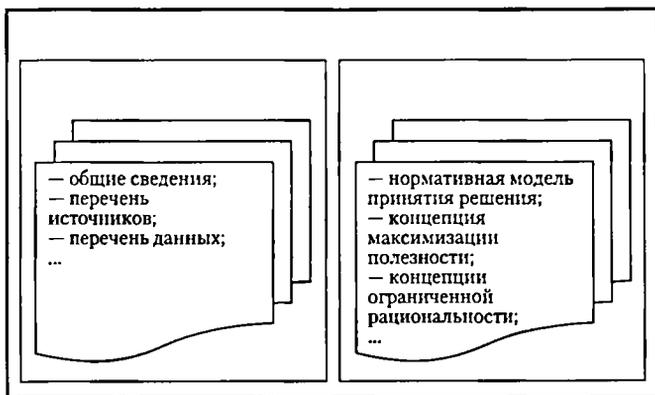
**Подсистема 1 «Общая информационная и методологическая поддержка принятия решений»** (рис. 5.2). Назначение данной подсистемы — предоставление общей методологической информации, которую должны учитывать ЛПР при принятии конкретных управленческих или экономических решений.

Так как СППР могут быть использованы для переработки информации, а также для формирования альтернативных и (или) окончательных решений, в общей методологической информации могут быть выделены следующие разделы:

- Раздел 1 «Методологическая информация, связанная с решением задач по переработке информации»;
- Раздел 2 «Методологическая информация, связанная с решением задач формирования альтернативных и (или) окончательных решений».

В Разделе 1 «Методологическая информация, связанная с решением задач по переработке информации», в свою очередь, могут быть выделены следующие блоки:

- Блок 1 — общая характеристика информации как основного ресурса, используемого при формировании управленческих или экономических решений;



**Рис. 5.2. Структура Подсистемы 1 «Общая информационная и методологическая поддержка принятия решений»**

- Блок 2 — перечень возможных источников информации;
- Блок 3 — перечень данных, которые могут быть получены из перечисленных в Блоке 2 источников информации.

Могут быть выделены также и другие дополнительные блоки.

Раздел 2 «*Методологическая информация, связанная с решением задач формирования альтернативных и (или) окончательных решений*» может включать следующие блоки:

- Блок 1 — содержание основной концепции максимизации полезности<sup>1</sup>;
- Блок 2 — содержание основной концепции ограниченной рациональности<sup>2</sup>;
- Блок 3 — описание нормативной модели процесса принятия решения<sup>3</sup>;
- Блок 4 — описание дескриптивной модели процесса принятия решений<sup>4</sup>;
- Блок 5 — описание специальных частных концепций, используемых в дескриптивных моделях;
- Блок 6 — описание алгоритмов, используемых для поиска оптимальных и эффективных решений в нормативных моделях принятия решений;
- Блок 7 — описание возможных стратегий многокритериального выбора, используемых в дескриптивных моделях принятия решения;
- Блок 8 — описание алгоритмов применения правил предпочтения альтернатив для дескриптивных моделей принятия решений;
- Блок 9 — описание способов расчета критериальной оценки для каждой из альтернатив в дескриптивных моделях принятия решения;
- Блок 10 — описание источников информации (источников исходных данных), используемых для формирования альтернативных и (или) окончательных решений;
- Блок 11 — описание процедуры принятия управленческого решения.

Перечень блоков может быть продолжен. Так, в самостоятельный блок может быть выделена методологическая информация, связанная с особенностями построения управленческих или экономических решений для социально-экономических систем, а также с такими понятиями, как «моделирование», «множество Парето», «критерии», «важность критериев», «нечеткие множества» и т.п.

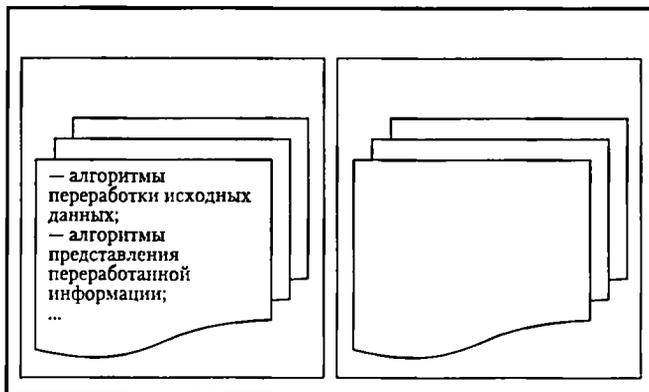
**Подсистема 2 «Общая информация по экономико-математическим методам и инструментальным средствам принятия решений»** (рис. 5.3), цель которой — обеспечение методологической поддержки принятия решений путем предоставления информации о возможных методах и инструментальных средствах принятия решений.

<sup>1</sup> Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений : учебник / А. И. Орлов. М. : КноРус, 2013. 576 с.

<sup>2</sup> Саймон Г. Рациональность как процесс и продукт мышления. Лекция в память Ричарда Т. Эли, прочитанная на ежегодной конференции Американской экономической ассоциации в 1977 г. [Электронный ресурс] // THESIS. 1993. Вып. 3. С. 16–38. URL: [http://ecsocman.hse.ru/data/629/779/1217/3\\_1\\_2simon.pdf](http://ecsocman.hse.ru/data/629/779/1217/3_1_2simon.pdf) (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>3</sup> Нормативные модели принятия решений основаны на правилах (нормах) предписывающего характера.

<sup>4</sup> Дескриптивные модели принятия решений (от лат. *descriptor* — описывающий) — модели, основанные на описаниях или объяснениях, получаемых из опыта, в отличие от нормативных моделей.



**Рис. 5.3. Структура Подсистемы 2 «Общая информация по экономико-математическим методам и инструментальным средствам принятия решений»**

Так как экономико-математические методы и инструментальные средства могут быть использованы для решения задач по переработке информации, а также по формированию альтернативных и (или) окончательных решений, информация этой подсистемы также может быть систематизирована в двух разделах:

- Раздел 1 «Информация по экономико-математическим методам и инструментальным средствам принятия решений, связанная с решением задач по переработке информации»;

- Раздел 2 «Информация по экономико-математическим методам и инструментальным средствам принятия решений, связанная с решением задач формирования альтернативных и (или) окончательных решений».

В Разделе 1 «*Информация по экономико-математическим методам и инструментальным средствам принятия решений, связанная с решением задач по переработке информации*», в свою очередь, могут быть выделены следующие блоки:

- Блок 1 — описание алгоритмов переработки исходных данных в информацию, приемлемую для ЛПР и используемую им для формирования окончательного решения;

- Блок 2 — описание алгоритмов преобразования полученной переработанной информации в форму, необходимую для ЛПР.

В Разделе 1 могут быть выделены и другие дополнительные блоки.

В Разделе 2 «*Информация по экономико-математическим методам и инструментальным средствам принятия решений, связанная с решением задач формирования альтернативных и (или) окончательных решений*» информационные блоки могут быть выделены с учетом принятой ЛПР классификации методов принятия решений и доступного для использования программного обеспечения.

В качестве примерной укрупненной классификации методов принятия решения может быть предложена, например, такая:

- методы принятия решений в условиях определенности;
- методы принятия решений в условиях вероятностной неопределенности;
- методы принятия решения в условиях полной неопределенности;
- эвристические методы.

Примерами программного обеспечения, используемого для реализации тех или иных математических методов обработки информации, могут быть программные среды MATLAB<sup>1</sup>, Mathematica<sup>2</sup>, аналитическая платформа Deductor<sup>3</sup> и др.

Полезной для ЛПП в Подсистеме 2 может быть не только описание того или иного программного обеспечения для обработки данных и реализации конкретных экономико-математических методов и вычислительных алгоритмов, применяемых для поддержки решений, но и изложение возможностей его применения.

**Подсистема 3 «Конкретные задачи предметной области»** (рис. 5.4), цель которой — предоставление и использование конкретных методов и инструментальных средств для решения задач, связанных с формированием управленческих или экономических решений.



Рис. 5.4. Структура Подсистемы 3 «Конкретные задачи предметной области» — СППР в узком смысле

Данная подсистема включает описание и решение конкретных задач, переданных системе поддержки принятия решений. При этом используются методы и инструментальные средства, систематизированные в подсистемах 1 и 2.

Информация, предоставляемая данной подсистемой, содержательно структурируется в двух разделах:

- Раздел 1 «Решение конкретных задач, связанных с переработкой информации»;
- Раздел 2 «Решение конкретных задач, связанных с формированием альтернативных и (или) окончательных решений».

Раздел 1 «Решение конкретных задач, связанных с переработкой информации» должен содержать следующие информационные блоки:

<sup>1</sup> MATLAB (сокр. от англ. *Matrix Laboratory*) — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений. Разработчик — фирма MathWorks. URL: <http://www.mathworks.com>.

<sup>2</sup> Mathematica — система символьных вычислений, визуализации данных, решения различных прикладных задач. Разрабатывается компанией Wolfram Research. URL: <http://www.wolfram.com>.

<sup>3</sup> Deductor — программный продукт для реализации методов информационной аналитики (*Data Mining*). Разработка отечественной компании Base Group Labs. URL: <http://www.basegroup.ru>.

- Блок 1 — общая постановка проблемы;
- Блок 2 — конкретная задача в рамках проблемы, которая переложена на СППР;
- Блок 3 — описание задачи по параметрам, общая методологическая информация по которым представлена в Разделе 1 «Методологическая информация, связанная с решением задач по переработке информации» Подсистемы 1 «Общая информационная и методологическая поддержка принятия решений». Так, например, может быть указан конкретный перечень используемых источников информации и данных, получаемых из них; предложен и описан алгоритм переработки и анализа исходных данных в сведения, приемлемые для ЛПР и используемые им для формирования окончательного решения; дано описание алгоритма преобразования исходных данных в форму, необходимую для ЛПР;
- Блок 4 — программная реализация решения задачи.

Перечень блоков может быть расширен.

В последнее время все более популярным становится использование СППР для обработки больших массивов данных, которые быстро меняются во времени<sup>1</sup>. Задача СППР в этом случае сводится к обработке и представлению их для ЛПР в форме, удобной для анализа ситуации. Примером являются данные чеков реальных продаж, которые могут быть использованы при анализе ситуаций по объемам, местам и времени востребованности тех или иных товаров и услуг.

Раздел 2 «Решение конкретных задач, связанных с формированием альтернативных и окончательных решений» может включать следующие самостоятельные блоки:

- Блок 1 — общая постановка проблемы;
- Блок 2 — конкретная задача в рамках проблемы, которая переложена на СППР. Это может быть задача по переработке исходных данных, предшествующая задаче формирования альтернативных и (или) окончательных управленческих решений<sup>2</sup>, а также сама задача по формированию альтернативных и (или) окончательных управленческих решений;
- Блок 3 — описание задачи формирования альтернативных и (или) окончательных решений по параметрам, общая методологическая информация о которых представлена в Разделе 2 «Методологическая информация, связанная с решением задач формирования альтернативных и (или) окончательных решений» Подсистемы 1 «Общая информационная и методологическая поддержка принятия решений». Так, например, если ставится задача формирования альтернативных и (или) окончательных управленческих или экономических решений, необходимо отметить, какая концепция принятия решения реализуется — максимизации полезности или ограниченной рациональности; на основе какой модели принятия решения она будет реализована — нормативной или дескриптивной; будут ли использоваться дополнительные частные концепции принятия решений, если за основу взята дескриптивная модель; какой алгоритм будет использоваться для поиска оптимальных и эффективных решений, если задача бу-

<sup>1</sup> Так называемые «большие данные» — *Big Data*.

<sup>2</sup> Эти задачи должны быть представлены содержанием блоков Раздела 1 «Решение конкретных задач, связанных с переработкой информации» этой подсистемы.

дет реализована в рамках нормативной модели принятия решений; какие стратегии будут использоваться, если в рамках реализуемой дескриптивной модели принятия решений имеет место многокритериальный выбор; какие правила предпочтения альтернатив используются и каков алгоритм их применения, если задача решается в рамках дескриптивной модели; как рассчитывается критериальная оценка для каждой из альтернатив, если задача решается в рамках дескриптивной модели принятия решения; какие источники информации (источники исходных данных) используются для формирования альтернативных и окончательных решений и т.д.;

- Блок 4 — программная реализация решения задачи.

Дополнительно могут быть выделены и другие блоки.

В целом подсистемы 1–3 реализуют три основные функциональные компоненты СППР: базу данных (или базу знаний), библиотеку моделей, методов и инструментальных средств, а также интерактивный пользовательский интерфейс.

**Структура СППР, рассматриваемой в узком смысле.** По существу, содержание СППР, рассматриваемой в узком смысле, соответствует Подсистеме 3 «Конкретные задачи предметной области» системы поддержки принятия решения, рассматриваемой в широком смысле. Отсутствие в ней других подсистем, аналогичных Подсистемам 1 и 2 расширенной СППР, объясняется тем, что вопросы более подробной методологической и информационной поддержки принятия решений вынесены за пределы самой СППР, рассматриваемой в узком смысле.

**Вариант формирования решений внутри системы.** Отличительной особенностью СППР является то, что в общем случае формирование решений внутри нее осуществляется на базе использования исходных данных, описывающих исследуемую область, а также правил и алгоритмов формирования решений, закладываемых в систему. Тем не менее неполнота информации и качественных оценок рассматриваемых процессов, трудная формализуемость определенных задач приводят к использованию не только известных методов принятия решений, но и к дополнительному применению знаний и опыта в исследуемой области.

Именно поэтому также представляет интерес другой вариант формирования решений внутри системы, когда для описания исследуемой области и генерирования алгоритмов формирования решений помимо исходных данных, известных алгоритмов и методов дополнительно привлекаются знания и опыт.

Реализация этого варианта формирования решений характерна для экспертных систем поддержки принятия решений. Экспертные системы рассматривают как интеллектуальные системы, что объясняется следующим. Если обычные СППР формируют решения на основе правил, закладываемых в систему ее пользователем (ЛПР, специалистом и т.п.), то интеллектуальные системы, являющиеся СППР более высокого уровня, формируют решения по правилам, сгенерированным самой системой, на основе имеющейся базы знаний в исследуемой области. Расширительным вариантом интеллектуальных систем являются экспертные системы, в которых решения формируются не только за счет накопленной базы знаний, но и на основе диалога системы с ее пользователем (ЛПР, специалистом и т.п.), име-

ющим опыт в исследуемой области и поэтому «подправляющим» генерируемые системой алгоритмы формирования управленческих решений.

Заметим, что решения, основанные на результатах работы экспертной системы, могут быть приняты либо непосредственно лицом, принимающим решение, либо в сотрудничестве со специалистом, который ведет диалог с системой. При этом, если ЛПР является специалистом в исследуемой области, экспертная система повышает эффективность его работы. Если же он таковым не является, с помощью экспертной системы за счет рационального распределения функций между человеком и компьютером лицо, принимающее решение, может достичь принципиально новых для себя результатов и тем самым — повысить качество своей работы.

Так как экспертные системы используют опыт специалистов-экспертов в исследуемой области, основными методами решения задач, рассматриваемых внутри них, являются эвристические методы. При этом сами экспертные системы в большей степени моделируют не саму исследуемую область, а механизм мышления человека применительно к решению задач в этой области. Последнее позволяет им выполнять не только логические операции, но и формировать рассуждения и выводы.

Описанные экспертные системы реализуют первое направление их создания — на базе разработки специальных компьютерных программ, способных генерировать правила формирования решений с учетом накопленных знаний и опыта. В настоящее время развивается и следующее направление создания экспертных систем, преимущественно для управления сложными техническими объектами и технологическими комплексами, — на базе сложных специализированных программных комплексов, объединяющих готовые интеллектуально-взаимодействующие модули.

## Резюме

В целях повышения эффективности принятия управленческих и экономических решений могут создаваться системы поддержки принятия решений. Особенности систем поддержки принятия решений, а также границы и возможности их применения во многом определяются содержанием основных методологических аспектов создания и функционирования этих систем.

Первый методологический аспект — возможные результаты функционирования СППР, выделяет СППР, направленные только на переработку исходной информации; на переработку информации и построение альтернативных и (или) окончательных решений; на построение альтернативных решений и (или) окончательных решений.

Второй методологический аспект — степень охвата системой поддержки принятия решений методологической информацией, выделяет СППР, рассматриваемые в широком и узком смысле.

Третий методологический аспект — структура системы поддержки принятия решения, являющаяся следствием степени охвата системой поддержки принятия решений методологической информацией (второй методологический аспект создания и функционирования СППР) и определяемая содержанием конкретных решаемых задач, для СППР, рассматриваемой в широком смысле, предполагает наличие трех подсистем. Две из них обес-

печивают информационно-методологическую поддержку принятия решения, а третья подсистема содержит описание и решение конкретной задачи, переложенной на СППР. Содержание СППР, рассматриваемой в узком смысле, совпадает с содержанием подсистемы 3 расширенной системы поддержки принятия решений.

Четвертый методологический аспект — вариант формирования решений внутри системы, выделяет обычные СППР, в которых решение формируется на основе правил, заложенных в систему заранее, и СППР более высокого уровня: интеллектуальные СППР, в которых решение формируется по правилам, сгенерированным самой системой на основе исходных данных и базы знаний, и экспертные системы, в которых решение формируется не только на основе использования исходных данных, базы знаний, но и на основе диалога системы с ЛПР (специалистом), имеющим опыт в исследуемой области.

При создании конкретной системы поддержки принятия решения во внимание должно приниматься то возможное содержание каждого из методологических аспектов, которое отвечает цели создания этой конкретной системы.

### **Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы**

1. Дайте определение понятия «система поддержки принятия решений».
2. Назовите основную цель и прокомментируйте причины создания и функционирования СППР.
3. Назовите первый методологический аспект создания СППР и те СППР, которые он выделяет.
4. Назовите второй методологический аспект создания СППР и те СППР, которые он выделяет.
5. Назовите третий методологический аспект создания СППР и те СППР, которые он выделяет.
6. Назовите четвертый методологический аспект создания СППР и те СППР, которые он выделяет.

### **Темы рефератов и докладов**

1. Система поддержки принятия решений — цели и причины создания, общая характеристика.
2. Основные методологические аспекты создания систем поддержки принятия решений, определяющие многообразие СППР.
3. Возможные результаты функционирования СППР — первый методологический аспект создания СППР.
4. Степень охвата системой поддержки принятия решений методологической информацией — второй методологический аспект создания СППР.
5. Структура системы поддержки принятия решения, определяемая степенью охвата методологической информацией.
6. Вариант формирования решений внутри системы — четвертый методологический аспект создания СППР.
7. Структура и содержание систем поддержки принятия решений, рассматриваемых в широком и узком смысле.
8. Примеры систем поддержки принятия решений, характеризующихся разным содержанием методологических аспектов создания СППР.

## Рекомендуемая литература

### *Литература на русском языке*

1. *Андрейчиков, А. В.* Разработка качественной модели оценки деятельности предприятий сектора экономики малого предпринимательства на основе теории многокритериального принятия решений / А. В. Андрейчиков, В. А. Иванюк // Известия Волгоградского государственного технического университета. — Волгоград, 2006. — № 4. — С. 26–29.

2. *Бабкин, Э. А.* Общие принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений / Э. А. Бабкин [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. — Воронеж, 2011. — № 2. — С. 49–59.

3. *Варшавский, П. Р.* Поиск решения на основе структурной аналогии для интеллектуальных систем поддержки принятия решений / П. Р. Варшавский, А. П. Еремеев // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. — 2005. — № 1. — С. 97–109.

4. *Геловани, В. А.* Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды [Электронный ресурс] / В. А. Геловани [и др.]. — М. : Эдиториал УРСС. — 2001. — 300 с. URL: [http://www.rflbr.ru/rffi/portal/books/o\\_36705](http://www.rflbr.ru/rffi/portal/books/o_36705) (дата обращения: 04.08.2015).

5. *Гольфанд, И. Я.* Разработка СППР на основе управления стоимостью предприятия в условиях неопределенности / И. Я. Гольфанд, Н. В. Крапухина // Прикладная информатика. — 2009. — № 5. — С. 94–102.

6. *Джексон, П.* Введение в экспертные системы / П. Джексон. — М. : Вильямс, 2001. — 624 с.

7. *Курейчик, В. М.* Особенности построения систем поддержки принятия решений / В. М. Курейчик // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2012. — № 7. — С. 92–98.

8. *Морозов, А. А.* Состояние и перспективы нейросетевого моделирования СППР в сложных социотехнических системах / А. А. Морозов [и др.] // Математические машины и системы. — 2010. — Т. 1. — № 1. — С. 127–149.

9. *Романов, В. П.* Интеллектуальные информационные системы в экономике : учебник / В. П. Романов. — М. : Экзамен, 2003. — 496 с.

10. *Смирнова, Г. Н.* Проектирование экономических информационных систем / Г. Н. Смирнова, А. А. Сорокин, Ю. Ф. Тельнов. — М. : Финансы и статистика, 2002. — 223 с.

11. *Юрков, А. В.* Интернет-аналитика для поиска наукометрических данных / А. В. Юрков // Прикладная информатика. — 2015. — Т. 10. — № 3. — С. 44–51.

### *Литература на иностранных языках*

1. *Brans, J. P.* The PROMCALC & GAIA decision support system for multicriteria decision aid / J. P. Brans, B. Mareschal // Decision support systems. — 1994. — Т. 12. — № 4. — С. 297–310.

2. *Grabski, S. V.* A review of ERP research: A future agenda for accounting information systems / S. V. Grabski, S. A. Leech, P. J. Schmidt // Journal of Information Systems. — 2011. — Т. 25. — № 1. — С. 37–78.

3. *March, S. T.* Integrated decision support systems: A data warehousing perspective / S. T. March, A. R. Hevner // Decision Support Systems. — 2007. — Т. 43. — № 3. — С. 1031–1043.

4. *Shim, J. P.* Past, present, and future of decision support technology / J. P. Shim [et al.] // Decision support systems. — 2002. — Т. 33. — № 2. — С. 111–126.

Раздел II

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ  
ПРИНЯТИЯ  
РЕШЕНИЙ**



---

В результате изучения данного раздела студент должен:

**знать**

- методы, лежащие в основе теории принятия решений;
- системы аксиом, на которые опирается теория измерений;
- признаки, показатели и критерии для описания и оценки состояния и прогноза развития социально-экономических систем;
- шкалы измерения характеристик объектов;
- различные способы моделирования проблемной ситуации;
- общую постановку задачи принятия решений;
- математическую модель задачи принятия решений;
- построение системы предпочтений;
- функции выбора;
- свойства критериев — полнота, неизбыточность, измеримость;
- понятие карты безразличия и обобщенный критерий многокритериальной задачи принятия решения;
- решения, доминируемые по Парето;
- оптимальность по Парето;
- аксиому;
- множество Парето — Эджворта и фронт Парето;
- угол предпочтения;

**уметь**

- указать на отличия и взаимосвязь методологических основ научных дисциплин;
- корректно выбирать тип шкалы для измерения свойств изучаемого объекта, явления или процесса;
- формулировать и корректно выбирать способы моделирования проблемной ситуации;
- формулировать критерии отбора альтернативных решений;
- проводить формирование набора альтернатив и критериев принятия решений в многокритериальной задаче принятия решений;
- формулировать общую постановку задачи принятия решений при многих критериях;
- определять значения параметров задач принятия решения;
- выявлять классы эквивалентности или безразличия на множестве альтернатив;
- строить отношения предпочтения, задавать функцию полезности;
- строить функцию выбора;
- строить отношения доминирования по Парето;
- проверять условия существования аддитивных функций полезности;
- находить доминируемые по Парето альтернативы в реальных ситуациях;
- строить множество Парето — Эджворта и фронт Парето;
- применять метод «стоимость — эффективность»;
- находить наиболее эффективные численные алгоритмы отыскания множества Парето — Эджворта;
- оценивать практический смысл множества Парето — Эджворта и фронта Парето при принятии решений;

### *владеть*

- навыками определения допустимых преобразований для различных типов шкал измерения;
  - способами выбора способов моделирования проблемной ситуации;
  - методами анализа задач принятия решений при многих критериях при разработке конкретных экономических и организационно-управленческих моделей;
  - методами формирования и описания задач принятия решений;
  - навыками формирования и описания математической модели задачи принятия решений в конкретной ситуации;
  - способами построения функции полезности и риска для задач принятия решений в условиях вероятностной неопределенности;
  - методами построения кривых предпочтения для аддитивных функций полезности;
  - навыками применения угла предпочтения и конуса предпочтения в реальных задачах с двумя критериями;
  - способами отыскания участков границы области решений, которые составляют множество Парето — Эджворта в практических задачах.
- 

### **«Ключевые слова»**

Теория принятия решений; системный анализ; признак; показатель; критерий; шкала; проблемная ситуация; задача принятия решений; множество допустимых решений; критериальное пространство; многокритериальная задача; предпочтения; бинарное отношение; функция выбора, решающее правило; стохастическое доминирование; функция риска; отношение лексикографического предпочтения; обобщенный критерий; кривые безразличия; функция полезности; локальный коэффициент замещения; карта безразличия, аддитивная функция полезности; критерии оптимальности; дискретное множество альтернатив; множество Парето — Эджворта; фронт Парето; угол предпочтения.

---

# Глава 6

## ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

### 6.1. Теория принятия решений, исследование операций, системный анализ и их взаимосвязь

С древних времен люди сталкивались с необходимостью выбора наилучшего варианта действий в ситуациях, когда требовалось использование аналитических методов исследования. Математики XVII—XVIII вв. разрабатывали эффективные численные методы и применяли их к широкому кругу математических и физических задач оптимизации. В это же время появились базовые законы теории вероятности, которые послужили основой для принятия решений в условиях неопределенности. Тем не менее наиболее ярким периодом в истории возникновения и развития *исследования операций* (ИО), *системного анализа* (СА) и *теории принятия решений* (ТПР) стали 1940—1970-е гг. Некоторые знаковые события и пионерные работы приведены ниже в хронологическом порядке<sup>1</sup>. Приведенный список не может претендовать на полноту и объективность выбора наиболее значимых фактов, что обусловлено очень широким спектром научных направлений и прикладных дисциплин, которые находятся в тесной взаимосвязи с процессом принятия решений.

- 1936—1937 гг. — период зарождения направления *исследование операций* в рамках формирования исследовательских станций радиолокационного слежения в составе королевских военно-воздушных сил Великобритании. Авторство названия «исследование операций» (*operations research* или *operational research*) принадлежит руководителю научной группы станции в Бодси А. Рауву (A. P. Rowe). В это же время формируется Британское общество исследования операций. Становление и бурное развитие этой дисциплины пришлось на предвоенные годы и было обусловлено требованием решения важных практических проблем, в первую очередь, связанных с повышением эффективности ведения боевых действий. В дальнейшем методы ИО, будучи во многом универсальными средствами исследования систем, стали успешно применяться во многих других научных областях, в том числе и в экономическом анализе. Важным элементом научного метода, используемого в рамках ИО, является построение модели исследуемого объекта, на основе изучения которой строится объяснение и предсказание поведения реального объекта исследования. Это особенно актуально в отношении сложных социально-экономических систем, проведение реального экспе-

---

<sup>1</sup> Более подробно см. в книге: Gass I. S., Assad A. A. An Annotated Timeline of Operations Research: An Informal History. Springer, 2005. P. 224.

римента над которыми невозможно или сопряжено с огромными затратами ресурсов.

- 1936 г. — разработка экономико-математических моделей межотраслевого анализа В. В. Леонтьевым.

- 1939 г. — работа Л. В. Канторовича «Математические методы организации и планирования производства», которая легла в основу линейного программирования. Этот термин впервые появился позже в 1951 г. в работах Дж. Данцига и Т. Купманса, хотя первые исследования по линейному программированию были проведены именно Л. В. Канторовичем в конце 1930-х гг.: постановка задачи, формализация критериев оптимальности, экономическая интерпретация, методы решения. Многие экономические ситуации связаны с многошаговыми процессами принятия решений, которые описываются в рамках методологии динамического программирования, основоположником которого является американский математик Р. Беллман<sup>1</sup>.

- 1943 г. — в работах У. МакКаллока и У. Питтса был впервые предложен простейший вариант математической модели искусственного нейрона, что стало отправной точкой развития нейросетевых методов анализа данных.

- 1944 г. — опубликована книга Дж. фон Неймана, О. Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение», в которой представлены концепции выбора оптимальных стратегий поведения экономических субъектов и их применение в экономической и социальной сферах.

- 1957 г. — первая международная конференция по вопросам исследования операций, Великобритания, Оксфорд. Тема конференции «Унификация и расширение научного знания в области исследования операций». Опубликована работа С. Черчмана, Р. Акоффа и Э. Арноффа (С. West Churchman, Russell L. Ackoff, E. Leonard Arnoff) «Introduction to Operations Research», посвященная исследованию операций, которая обобщила накопленные знания в этом направлении.

- 1959 г. — Mathematical Methods of Operations Research, Thomas L. Saaty, McGraw-Hill, New York, 1959 г. В данной работе Томаса Саати впервые последовательно представлены основные математические аспекты ИО, такие как методы решения оптимизационных задач, линейное программирование, теория игр, теория вероятности, статистика, теория массового обслуживания. В работе также приведены примеры решения прикладных задач.

- 1961 г. — были заложены основы подхода, использующего «деревья решений» в рамках курсов, которые читали Г. Райфф и Р. Шлайфер (Howard Raiffa, Robert O. Schlaifer) в Гарвардской школе бизнеса.

- 1962–1965 гг. — возникновение и развитие идей и методов, опирающихся на понятие нечеткости и на теорию нечетких множеств, которые берут начало с публикаций профессора Лофти А. Заде «Fuzzy sets». Это название чаще всего переводится на русский язык как «Нечеткие множества». Крупнейшими учеными, внесшими значительный вклад в развитие теории нечетких систем, являются также Е. Мамдани, Р. Беллман, А. Кофман.

- 1964 г. — первые работы Эдварда Квэйда (Edward S. Quade), которые сыграли важную роль в создании методологии *системного анализа* для ис-

---

<sup>1</sup> Исследование операций : в 2 т. / пер. с англ. И. М. Макарова, И. М. Бескровного ; под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. М. : Мир, 1981.

пользования в процессе принятия решений в военном и гражданском секторах. Системный анализ представляет собой прикладную науку, которая ориентирована на выработку вариантов преодоления проблемных ситуаций, возникающих перед ЛПР, на основе выявления и анализа одновременно всего комплекса источников этих ситуаций<sup>1</sup>.

• 1965 г. — начало применения экспертных систем, которые позволяют использовать накопленные знания, опыт специалистов, принципы логического вывода для решения сложных неструктурированных проблем. Первые экспертные системы, как правило, были узкоспециализированными. Например, система DENDRAL была разработана для оценки структуры сложных органических молекул на основе ряда их химических свойств. Ключевой особенностью системы было использование экспертных правил, которые позволили существенно сократить пространство поиска. Далее, в начале 1970-х гг., Эдвард Фейгенбаум и Брюс Бьюкенен начали изучать использование программ, основанных на правилах типа «что — если» и продукционных моделях представления знаний.

• 1966 г. — систематизация знаний, накопленных в рамках научного направления «Анализ решений». Работа Рональда Ховарда (Ronald Howard) 1966 г. стала первой, где были представлены основы *теории принятия решений* и области их практического применения<sup>2</sup>.

#### **Обратите внимание!**

Такие методы и теории, как математическое программирование, теория оптимального управления, теория массового обслуживания, теория игр, имитационное моделирование, теория стохастических процессов, ИО, СА и ряд других, используются в качестве методологической основы теории принятия решений.

**Исследование операций** представляет собой комплекс научных методов количественного обоснования принимаемых решений. Для задач, решаемых в рамках ИО, характерны следующие особенности:

1) объективный характер используемых моделей. Математические модели в данном случае отражают объективно существующую реальность, что, в первую очередь, характерно для технических и других естественных наук;

2) основной целью исследований, достижение которой входит в обязанности аналитиков, является поиск решения по запросу ЛПР. При этом ЛПР может давать дополнительную информацию в процессе исследований, но его главная задача — внедрить полученное решение;

3) существует объективный критерий успеха в применении методов ИО, вследствие чего имеется возможность непосредственной оценки преимуществ найденного оптимального решения по отношению к существующему<sup>3</sup>.

В качестве основных методологических принципов исследования операций можно выделить следующие:

1) системный подход к анализу проблемы и постановки задач;

<sup>1</sup> Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1985.

<sup>2</sup> Gass I. S., Assad A. A. An Annotated Timeline of Operations Research: An Informal History. Springer, 2005. P. 224.

<sup>3</sup> Турунтаев Л. П. Системный анализ и исследование операций: учеб. пособие. Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2004. С. 212.

2) исследование проводится комплексно, по различным направлениям. Для этого создается операционная группа. В целях всестороннего рассмотрения проблем выработки возможных решений и их оценки в состав группы входят специалисты различных областей;

3) в качестве основного метода анализа и синтеза оптимальных решений используется математическое моделирование исследуемых объектов и операций<sup>1</sup>.

Выделяют следующие основные этапы операционного исследования<sup>2</sup>.

1. Постановка задачи:

- выявление проблемы, анализ и отбор факторов, описывающих ее;
- формирование целей и критериев;
- построение математической модели.

2. Поиск оптимального решения:

- по отдельным критериям;
- синтез компромиссного решения.

3. Принятие и реализация решения:

- принятие решения;
- оценка полученного результата;
- корректировка модели (при необходимости).

Наука, в рамках которой получили развитие исследования сложных систем, получила название *системный анализ*. Системный анализ для решения проблем использует широкий спектр средств научных исследований от строго формализованных методов до операций, которые крайне плохо поддаются формализации: методы оптимизации, моделирование, научные наблюдения, эксперимент, описание проблемы и генерирование альтернатив.

Задачи, рассматриваемые в *теории принятия решений*, отличаются от задач ИО тем, что для их решения недостаточно объективных моделей и требуется привлечение дополнительной информации от ЛПР, которая может быть основана на его опыте и интуиции. Данная информация представляет собой точку зрения субъекта и поэтому является субъективной, тем не менее, предпочтения ЛПР должны находиться в рамках определенной рациональной системы<sup>3</sup>. Дополнительной особенностью является возможность представления экспертной информации со стороны ЛПР в качественной, трудно формализуемой форме, что должно быть учтено при выборе методов и процедур разработки и обоснования решений, которые и входят в предметную область ТПР.

Однозначное определение места ИО, СА и ТПР среди наук математического характера, относящихся к управлению, затруднено их взаимным проникновением и пересечением выполняемых функций. Один из известных вариантов взаимосвязи перечисленных дисциплин представлен на рис. 6.1<sup>4</sup>.

Одним из подходов к решению проблемы терминологии является использование предложенной Рольфом Томлинсоном аббревиатуры ORASA (*Operational Research and Applied Systems Analysis*), которая объединяет на-

<sup>1</sup> Турунтаев Л. П. Указ. соч. С. 212.

<sup>2</sup> Сакович В. А. Исследование операций. Минск : Высшая школа, 1985.

<sup>3</sup> Турунтаев Л. П. Указ. соч. С. 212.

<sup>4</sup> Постелов Г. С., Ириков В. А. Программно-целевое планирование и управление. М. : Сов. радио, 1976.

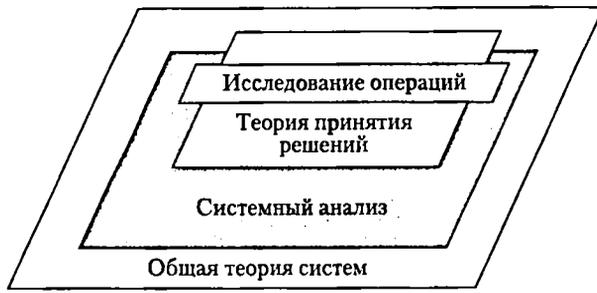


Рис. 6.1. Взаимосвязь научных дисциплин

правления ИО и СА, четкую границу между которыми определить сложно. Предметом изучения ORASA является междисциплинарное научное, системное исследование проблем и процесса принятия решений, проводимое с целью повышения качества принимаемых решений.

Одним из актуальных вопросов в настоящее время является то, что успешное практическое использование СА и родственных дисциплин, например ИО, часто оказывается затруднительным из-за неполной и часто некорректной методологии. Зачастую используются предпосылки, которые не выдерживают критики в условиях реальной жизни. Одним из таких предположений является то, что исследуемая проблема может быть формализована и выражена в математических терминах, а затем модель может быть исследована изолированно от человека и организационных элементов. Другое спорное предположение состоит в том, что внедрение результатов анализа в практическую деятельность может быть отделено от самого процесса системного анализа. Для преодоления подобных проблем необходимо участие экспертов из таких областей, как философия, психология и социология<sup>1</sup>.

## 6.2. Математическая теория измерений:

### основные определения и понятия; признак, показатель, критерий

Использование математического аппарата является неотъемлемым условием развития и совершенствования различных наук, относящихся как к естественнонаучному направлению, так и к гуманитарному. Психология, социология, экономическая наука нуждаются в математическом инструментарии в не меньшей степени, чем физика или механика. В составе гуманитарных наук появились такие специализированные научные дисциплины, как математическая психология, математическая лингвистика, математическая экономика<sup>2</sup>, которые используют математические модели для сбора, обработки, представления больших объемов разнородной информации. Исследователь в любой области нуждается в инструментах и методологии измерения свойств изучаемых процессов, явлений и объектов. Для этих целей разработана математическая теория измерений. На сегодняшний день термин «теория измерений» применяется для обозначения целого круга научных дисциплин: классической метрологии, *репрезентативной теории из-*

<sup>1</sup> Tomlinson R., Kiss I. Rethinking the Process of Operational Research and Systems Analysis. Pergamon Press. Oxford, 1984.

<sup>2</sup> Панцагл И. Теория измерений. М.: Мир, 1976. С. 248.

мерений (РТИ), алгоритмической теории измерений и т.д.<sup>1</sup> Одно из наиболее общих определений характеризует *теорию измерений* (ТИ) как дисциплину, которая систематизирует положения о процессе измерений, а также представляет математический аппарат для реализации этого процесса<sup>2</sup>.

Исторически первой сферой применения ТИ являлась психофизика, далее во второй половине XX в. область использования ТИ значительно расширилась, включив в себя сначала психологическую науку в целом, а затем и такие научные дисциплины, как педагогика, социология, экспертное оценивание и др. Методологические основы ТИ развиваются в ряде работ зарубежных и отечественных авторов — таких, как С. С. Стивенс, П. Суппес, А. Тверской, И. Пфанцагель, М. Н. Селиванов, А. И. Орлов и др.

Для изложения принципов ТИ на абстрактно-теоретическом уровне используются аксиомы, разработанные в рамках теоретической метрологии — науки об измерениях. В литературе представлены различные подходы к формированию системы аксиом, которые позволяют установить взаимосвязь между базовыми терминами и понятиями ТИ. Ниже приведены два варианта системы аксиом<sup>3</sup>.

*Аксиомы теории измерений по М. Н. Селиванову.*

Аксиома 1. Измерение возможно при условии установления качественной определенности свойства, позволяющей отличить его от других свойств.

Аксиома 2. Измерение возможно при условии установления единицы для измерения величины.

Аксиома 3. Измерение возможно при условии материализации единицы измерения техническим средством.

Аксиома 4. Измерение возможно при условии неизменности во время измерения размера единицы измерения.

*Аксиомы теории измерений по В. А. Грановскому.*

Аксиома 1. В рамках принятой модели объекта исследования существуют определенная измеряемая величина и ее истинное значение.

Аксиома 2. Измеряемая величина постоянна.

Аксиома 3. Существует несоответствие измеряемой величины исследуемому свойству объекта.

Аксиома 4. Всегда существует возможность повысить точность измерений.

Исследование свойств реального экономического явления (процесса), построение его математической модели, измерение его параметров требуют корректного использования основных категорий, позволяющих произвести оценку существующего состояния изучаемого явления.

### **Обратите внимание!**

Для оценки существующего состояния и прогноза развития социально-экономических систем используются следующие категории: признаки, показатели, критерии.

<sup>1</sup> Орлов А. И. Теория принятия решений : учебник. М. : Экзамен, 2006. 573 с.

<sup>2</sup> Hoffmann D. Current state and further development of measurement theory. Report of the IMEKO technical committee on measurement theory (TC-7) Original Research Article Measurement. Vol. 1. Iss. 1. 1983. January — March. P. 33—38.

<sup>3</sup> Крысин Ю. М. Системный подход к аксиоматике теории измерений / Ю. М. Крысин, В. А. Баранов // Законодательная и прикладная метрология. 2008. № 5. С. 61—64.

Массовые социально-экономические явления в каждом исследовании выступают как статистические совокупности. Статистическая совокупность — это относительно однородная группа объектов или явлений, характеризующаяся наличием некоторых общих признаков и подвергающаяся изучению путем сбора количественных и качественных данных, их обработки и анализа. Например, в качестве объектов исследования, т.е. совокупностей, могут выступать множества хозяйствующих субъектов малого (среднего, крупного) бизнеса, финансово-кредитных организаций и др.

Каждый отдельно взятый элемент данного множества называется единицей статистической совокупности. Единица совокупности — это предел декомпозиции объекта исследования, при котором продолжают сохраняться все свойства изучаемого явления (процесса). Каждая единица совокупности обладает определенными свойствами.

### **Определение**

|| *Признаком* называется индивидуальное свойство единицы совокупности. Признак может быть представлен в виде либо количественной, либо качественной характеристики единицы совокупности.

Признаки можно классифицировать в виде качественных (атрибутивных) или количественных. Качественные признаки выражают существенное неотъемлемое свойство единицы совокупности. Признаки, значения которых могут быть измерены, называются количественными, например, прибыль организации, уставный капитал, активы и пассивы предприятия, кредитная задолженность и др.

В экономической деятельности часто выделяют альтернативные признаки. Альтернативные признаки — это признаки (два и более), характеризующиеся взаимоисключающими свойствами или возможностями. Такими являются признаки обладания или необладания каким-либо свойством. Например, в зависимости от образования каждый сотрудник может быть отнесен к категории либо имеющих высшее образование, либо не имеющих высшего образования.

### **Обратите внимание!**

Признак характеризует каждую отдельно взятую единицу изучаемой совокупности. Для всей совокупности характерно использование таких ее характеристик, которые отражали бы свойства системы и позволяли бы оценивать эффективность системы в целом.

При оценках эффективности систем поддержки принятия решений наиболее широко распространено понятие «показатель».

### **Определение**

|| Под показателем понимается характеристика группы единиц или совокупности в целом, являющая собой обобщенную характеристику свойств этой группы или всей совокупности, представленной в количественной либо вербальной форме.

Для описания любой изучаемой совокупности могут использоваться:

- абсолютные показатели. Например, это может быть показатель «численность работников», показатель «объем товарооборота», прибыль и т.д.;

• относительные показатели. Например, производительность труда как количество продукции, выпущенного сотрудником за единицу времени. В социально-экономической статистике данную характеристику показателя называют уровнем;

• структурные показатели, характеризующие структуру явления, процесса с указанием доли каждой из его составляющих. Например, при расчете доли городского населения региона рассчитывается отношение численности городского населения к численности всего населения региона. Данный показатель носит название относительного показателя структуры городского населения района.

В большинстве зарубежных практических руководств по анализу и оценке эффективности управленческих решений отмечается, что показатели должны удовлетворять основным требованиям концепции «4С»<sup>1</sup>.

• Четкость, ясность, внятность, недвусмысленность (Clearness).

• Полнота, всесторонность, выполненность, завершенность (Completeness).

• Комплексность, сложность, модульность (Complexity).

• Непротиворечивость, состоятельность, завершенность (Consistency).

Требования концепции «4С» относятся как к количественным, так и к качественным показателям.

#### **Обратите внимание!**

В системах поддержки и принятия решений могут иметь место показатели, которые отвечают не всем предъявленным требованиям концепции «4С».

Критерии (критерии оптимальности) используются для оценки эффективности управленческих решений и должны соответствовать концепции «SMART», т.е. должны обладать пятью следующими свойствами<sup>2</sup>:

• конкретность (Specific);

• измеримость (Measurable);

• достижимость (Achievable);

• релевантность (Relevant);

• привязанность к определенному периоду времени (Time-certain).

### **6.3. Шкалы в теории измерений**

Важным этапом построения математической модели изучаемого объекта является формализация сведений, описывающих признаки данного объекта, которые могут быть разнородными с точки зрения формы их представления. Например, знания экспертов чаще всего не могут быть выражены в точной числовой форме, которая удобна для проведения дальнейшего математического анализа, а представимы лишь в виде качественных характеристик или логических заключений. Тем не менее, благодаря использованию рассуждений, изложенных на качественном уровне, многие

<sup>1</sup> Друкер П. Менеджмент. Вызовы XXI века : пер. с англ. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2012. С. 312.

<sup>2</sup> Друкер П. Ф. Эффективное управление. Экономические задачи и оптимальные решения : пер. с англ. М. : Гранд ; Фаир-Пресс, 2003. С. 288.

факторы неопределенности, возникающие в процессе принятия управленческих решений в организации, могут быть формализованы и корректно учтены.

Для адекватной оценки разнородных признаков объектов (непрерывных, дискретных, качественных или количественных) в математической теории измерений разработаны различные типы *шкал* измерений.

### Определение

В теории измерений под *шкалой* понимается гомоморфизм  $f$  эмпирической системы отношений  $M$  в символьную систему  $H$ . Таким образом, шкала представляет собой правило, определяемое тройкой  $\langle M, H, f \rangle$ . Модели, образы реальной системы в символике формальной системы носят наименование «шкальных значений». Процедура сравнения объектов по выбранным признакам носит название измерения, или измерения в заданной шкале<sup>1</sup>.

Еще одно распространенное определение состоит в том, что шкала — это множество чисел или символов, с помощью которого можно измерить определенную характеристику, свойство предмета или явления.

Выделяют шкалы следующих типов<sup>2</sup>.

1. *Номинальная шкала (шкала наименований)*. Она позволяет установить взаимно-однозначное соответствие между объектами. Номинальная шкала основана на отношении эквивалентности и используется для отнесения исследуемого объекта к некоторому классу. Для нее арифметические действия не определены. Идентифицировать отношения «больше», «лучше», «более предпочтительно» или «менее предпочтительно» и т.п. не представляется возможным.

*Примеры*: названия стран и регионов, их телефонные коды и почтовые индексы, адреса строительных объектов, наименования инвестиционных проектов или вкладов паевого инвестиционного фонда. Естественно, что невозможно вычислить разность между названиями вкладов «Летний» и «Молодежный», а также произвести их упорядочивание, например, по степени привлекательности для вкладчика.

2. *Порядковая или ранговая шкала*. Она достаточно часто используются в прикладных задачах, так как позволяет не только разбивать объекты на классы, но и упорядочивать их в соответствии со степенью увеличения или уменьшения некоторого свойства объекта. Для порядковой шкалы допустимо любое монотонное преобразование, арифметические действия в ее рамках смысла не имеют.

*Примеры*: разного рода рейтинги (университетов мира, надежности финансовых корпораций или стран и т.д.), шкалы отметок уровня знаний в системе образования, шкалы оценки качества товаров, выраженные на естественном языке. Например, применительно к характеристикам инвестиционно-строительных проектов, при использовании порядковой шкалы перспективные

<sup>1</sup> Писарева О. М. Методы социально-экономического прогнозирования : учебник / ГУУ. М. : НФПК, 2003.

<sup>2</sup> Более подробно о понятии шкалы в теории измерений см.: Писарева О. М. Методы социально-экономического прогнозирования : учебник / ГУУ. М. : НФПК, 2003; Петровский А. Б. Теория принятия решений : учебник для студентов вузов. М. : Академия, 2009. С. 400.

объекты строительства могут быть упорядочены в соответствии с предполагаемой сложностью строительства: «низкая», «средняя», «выше средней», «высокая», «очень высокая». При этом указать степень превосходства одного объекта над другим невозможно.

3. *Шкала интервалов.* Данная шкала позволяет не только классифицировать и упорядочивать объекты, но и количественно оценивать различия между их характеристиками. Для проведения таких сравнений вводятся понятия «масштаб» —  $a$  и «точка отсчета» —  $b$ . Допустимым в данной шкале является линейное преобразование:  $f(x) = ax + b$ .

*Примеры:* шкалы измерения времени с использованием разных масштабов (секунда, минута, час и т.д.) и несовпадающими точками отсчета, температурные шкалы (по Цельсию и Фаренгейту:  $^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32$ ).

4. *Шкала отношений.* Она представляет собой частный случай шкалы интервалов, для которой введен некоторый масштаб ( $a > 0$ ), и точка отсчета равна 0. Данная шкала позволяет ответить на вопрос: во сколько раз один объект превосходит другой по выбранной характеристике.

*Примеры:* шкалы, с помощью которых измеряется расстояние (в дюймах, метрах, милях), масса (в граммах, фунтах), температура (шкалы Цельсия и Реомюра:  $^{\circ}\text{Re} = ^{\circ}\text{C} \cdot 4/5$ ), стоимость (в различных валютах).

5. *Абсолютная шкала.* Она определяется взаимнооднозначным соответствием:  $f(x) = x$  и представляет собой ряд натуральных чисел. Данная шкала используется для измерения количества объектов.

#### **Обратите внимание!**

Чем уже множество допустимых преобразований, тем более совершенной считается шкала, имея в виду степень информативности, детальности об измеряемом свойстве объекта. Показатели, имеющие шкалу не менее совершенную, чем шкала интервалов, называются количественными и допускают алгебраические действия.

Если аналитика интересуется выбором объекта с наибольшим значением определенной характеристики и неважно, чему оно будет равно, то можно воспользоваться порядковой шкалой. В случае, если существует потребность выбрать объект со значением характеристики, наиболее близким к некоторой заданной величине, данную характеристику необходимо рассматривать как количественную, измеренную в шкале интервалов.

#### **Примеры использования шкал**

Используя терминологию и проблематику *инвестиционно-строительных проектов* (ИСП), можно привести следующие примеры использования шкал различного типа: номинальная шкала применяется для присвоения имен ИСП, порядковая шкала — например, для выявления наиболее привлекательного для покупателей места строительства, шкала отношений — при оценке требуемых инвестиций для реализации проекта, измеренных в российских рублях или иной валюте в зависимости от стратегии привлечения финансовых ресурсов и конъюнктуры на рынке недвижимости.

В табл. 6.1 приведены характеристики перечисленных выше шкал с точки зрения допустимых преобразований и типов используемой информации.

Характеристики шкал различного типа

Тип шкалы	Возможные преобразования	Характер информации	Характер шкалы
Номинальная	$(x = y) \equiv [f(x) = f(y)]$	Качественная	Дискретная
Порядковая	$(x < y) \equiv [f(x) < f(y)]$		
Интервалов	$f(x) = ax + b$ , где $a > 0$	Количественная	Дискретная/непрерывная
Отношений	$f(x) = ax$ , где $a > 0$		Дискретная/непрерывная
Абсолютная	$f(x) = x$		Дискретная

#### 6.4. Математическая модель проблемной ситуации

**Проблемная ситуация и общая постановка задачи принятия решений.** Как было показано в гл. 1, необходимость принятия управленческого решения возникает именно тогда, когда состояние управляемой системы (объекта управления) является неудовлетворительным с точки зрения целей ЛПР (субъекта управления), т.е. именно тогда, когда имеет место так называемая *проблемная ситуация* (ПС)<sup>1</sup>.

##### Определение

|| *Проблемной ситуацией объекта управления* называется неудовлетворительное состояние управляемой системы с точки зрения целей ЛПР.

При этом предполагается, что всякое принимаемое управленческое решение должно обеспечивать перевод управляемой системы из неудовлетворительного состояния в оптимальное (или наилучшее) с точки зрения целей субъекта управления. В общем случае процесс нахождения, разработки, принятия и реализации оптимального (или наилучшего) управленческого решения осуществляется в несколько этапов, которые мы назвали «жизненным циклом УР» (см. параграф 1.3).

##### Определения

|| *Задачей принятия решений (ЗПР)* для конкретной проблемной ситуации называется задача поиска оптимального (или наилучшего) с точки зрения целей ЛПР УР для перевода управляемой системы из неудовлетворительного состояния в состояние, которое удовлетворяет субъект управления.

|| *Допустимым решением (или допустимой альтернативой) ЗПР* называется такое УР данной задачи, которое удовлетворяет всем заданным в ней ограничениям (ресурсным, временным, логическим и т.п.).

|| *Оптимальным (или наилучшим) управленческим решением ЗПР* называется такое УР, которое переводит управляемую систему из неудовлетворительного состояния в идеальное состояние, т.е. в состояние, которое удовлетворяет ЛПР и является целью принимаемого решения.

<sup>1</sup> Моделирование систем. Подходы и методы : учеб. пособие / В. Н. Волкова [и др.] ; под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 568 с.

В процессе принятия управленческого решения предусматривается выполнение ряда этапов и процедур. К их числу, например, относятся: анализ информации, связанной с историческими данными, данными о существенных внешних и внутренних факторах; выявление связей между факторами и силы их взаимодействия друг с другом; прогнозирование наиболее вероятных вариантов развития внешних и внутренних условий, которые существенно влияют на состояние объекта управления; генерирование возможных вариантов изменения проблемной ситуации; определение целей и критериев для искомого УР; определение допустимого множества решений; генерирование альтернативных вариантов решений; уточнение целей и критериев управления; оценка предпочтений допустимых альтернатив ЗПР; обоснование и окончательный выбор оптимального (или наилучшего) управленческого решения<sup>1</sup>.

В теории принятия решений для проведения предварительного анализа ПС и правильного выбора целей и критериев искомого УР часто используют различные методы моделирования проблемных ситуаций. В данном контексте *под моделированием проблемной ситуации* мы подразумеваем процесс исследования состояния реальной управляемой системы, предусматривающий построение некоторой ее абстрактной или материальной модели, которая способна адекватно отражать (заменять) существующую ПС на определенных этапах ее изучения.

#### **Обратите внимание!**

*Целью моделирования проблемной ситуации* является определения целей, критериев и методов формирования искомого УР на основе изучения ее некоторой модели, которая позволяет провести анализ исторических и актуальных данных о состоянии объекта управления, выявить существенные внешние и внутренние факторы и их связи, определить возможные варианты развития внешних и внутренних условий, которые существенно влияют на состояние управляемого объекта.

Термин «проблемная ситуация» в теории принятия решения используется в двух смыслах. Во-первых, под проблемной ситуацией обычно подразумевают фиксированное (изначальное) состояние объекта управления, которое не удовлетворяет целям ЛПР и побуждает его искать соответствующее УР для изменения неудовлетворительного состояния управляемой системы на то, которое его удовлетворяет. Во-вторых, проблемная ситуация часто сама выступает объектом специального исследования при помощи различных методов моделирования, с целью ее более детального изучения для повышения качества принимаемых управленческих решений конкретной ЗПР.

При построении математических моделей проблемных ситуаций на первом этапе обычно происходит построение концептуальной модели, которая приближенно описывает исходную ситуацию и служит основой для дальнейшего уточнения ее структуры, свойств и связей. На следующем этапе происходит формализация модели с учетом выявленных свойств, характеристик, связей и операций исходного объекта управления. На искомой математической модели вводятся соответствующие символьные операции, ог-

<sup>1</sup> *Фатхутдинов Р. А.* Управленческие решения : учебник. 6-е изд., перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2009. С. 130.

раничения и задаются целевые функции, что позволяет перейти к абстрактному ее изучению. Следующим этапом исследования и уточнения математической модели является проверка ее на корректность и адекватность по отношению к исходной проблемной ситуации в конкретной ЗПР. После необходимой корректировки формируемой математической модели и окончательной проверки ее на адекватность происходит ее упрощение. Процесс упрощения математической модели предусматривает возможность исключения из нее несущественных элементов и (или) их связей, которые позволяют оптимизировать ресурсы (время, затраты и средства) при сохранении адекватности модели. На основании сформированной таким образом математической модели проблемной ситуации различными методами (имитационное моделирование, математическое моделирование, функциональное моделирование, экспертных систем, когнитивное (познавательное) моделирование<sup>1</sup>, интеллектуального анализа данных и др.) происходит ее изучение и определение целей, критериев и методов формирования искомого УР конкретной ЗПР.

Заметим, что выбор методов моделирования проблемных ситуаций во многом зависит от конкретной ЗПР. В частности, в каких условиях (определенности или неопределенности) происходит моделирование и на основе какой исходной информации (например, для слабоструктурированных данных). Так, например, выбирая метод имитационного моделирования<sup>2</sup>, мы должны понимать, что этот подход требует, как правило, большого объема данных, сложной алгоритмизации для описания поведения сложных объектов математической модели, а также существенных вычислительных мощностей с использованием ЭВМ. В этом смысле метод имитационного моделирования позволяет получить хорошие результаты при моделировании, но он является достаточно трудоемким и затратным. В отличие от метода имитационного моделирования, например, в условиях исследования небольшой аналитической модели, которую сложно представить в строго формализованном виде, более приемлемым считается применение методов экспертного прогнозирования<sup>3</sup> или функционального моделирования на основе таблиц решений<sup>4</sup>, которые проще в использовании и не требуют значительных ресурсов.

Заметим, что довольно часто при моделировании проблемных ситуаций для конкретной ЗПР моделирование проводится несколькими доступными методами, затем происходит сопоставление полученных результатов и из них выбирают тот, который с точки зрения экспертов или ЛПР наиболее адекватно описывает исходную ситуацию, что позволяет повысить качество принимаемых управленческих решений.

**Общая постановка задачи принятия решений в условиях определенности.** В дальнейшем для простоты в этом параграфе, если не оговорено об-

---

<sup>1</sup> Кулинич А. А. Методология когнитивного моделирования сложных плохо определенных ситуаций [Электронный ресурс]. URL: <http://www.raai.org/about/persons/kulinich/> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>2</sup> Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб. : БХВ-Петербург, 2005.

<sup>3</sup> Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений : учебник. М. : КноРус, 2013. 576 с.

<sup>4</sup> Кравченко Т. К. Процесс принятия плановых решений. М. : Экономика, 1974.

ратное, мы будем предполагать, что в рассматриваемых ЗПР состояние внешней среды является полностью определенным и не учитывается при выборе оптимальных (или наилучших) с точки зрения целей ЛПР управленческих решений. Как правило, множество допустимых решений мы будем обозначать большой латинской буквой  $X$ . Именно из этого множества  $X$  в процессе решения ЗПР и осуществляется выбор подмножества оптимальных (или наилучших) с точки зрения целей ЛПР управленческих решений, которое мы будем обозначать  $C(X)$ .

**Обратите внимание!**

Подмножество  $C(X)$  оптимальных (или наилучших) с точки зрения целей ЛПР управленческих решений в конкретной ЗПР может быть пустым, конечным или бесконечным в зависимости от условий задачи<sup>1</sup>.

Именно нахождение подмножества  $C(X) \subset X$  и есть результат решения ЗПР.

Каждое управленческое решение направлено на достижение одной или нескольких целей, которые определяет ЛПР. При этом выбор нужного УР из множества допустимых решений  $X$  и достижимость конкретной цели осуществляется с помощью одного или нескольких *критериев выбора УР*.

**Определение**

Говорят, что на множестве допустимых решений  $X$  задан критерий выбора альтернатив, если на множестве  $X$  определены признак (или индивидуальное свойство элементов из  $X$ ) и правило, позволяющее однозначно для любого элемента множества  $X$  проверить, удовлетворяет данный элемент этому признаку или нет, т.е. позволяет разбить заданное множество  $X$  (по данному признаку и с помощью заданного правила) на два непересекающихся и взаимно дополняемых подмножества. При этом каждому критерию выбора альтернатив на множестве  $X$  сопоставляется некоторая критериальная (целевая или оценочная) функция, которая задана на множестве  $X$ , со значениями, как правило, в множестве вещественных чисел  $\mathfrak{R}$ . Именно на основании этой функции и реализуется правило выбора элементов и осуществляется разбиение множества  $X$  на два непересекающихся подмножества.

**Обратите внимание!**

Приведенное выше определение критерия и признака на множестве допустимых решений  $X$  является более формальным и точным определением этих понятий, которые приведены в параграфе 6.2.

В случае если в ЗПР задан только один критерий выбора альтернатив и известна его критериальная (оценочная) функция  $f: X \rightarrow \mathfrak{R}$ , то задача выбора оптимального (или наилучшего) с точки зрения ЛПР управленческого решения сводится просто к нахождению экстремума (максимума или минимума) критериальной функции  $f$  на множестве  $X$ , что считается достаточно простой задачей оптимизации. Более сложно дело обстоит в ситуации, когда в ЗПР выбор альтернатив приходится осуществлять не по одному, а по нескольким, например, по  $m$  критериям. В этом случае умение

<sup>1</sup> Ногин В. Д. Принятие решений при многих критериях : учеб.-метод. пособие. СПб. : ЮТАС, 2007. 104 с.

находить экстремум по отдельности для каждой критериальной (оценочной) функции  $f_k: X \rightarrow \mathfrak{R}$ , где  $k = 1, 2, \dots, m$ , не позволяет, в общем случае, надеяться, что найдется такая точка  $x' \in X$ , чтобы все функции  $f_k$  достигали в ней своего экстремума, т.е., например, чтобы для всех  $k = 1, 2, \dots, m$  выполнялись следующие равенства:  $f_k(x') = \max_{x \in X} f_k(x)$ . Следовательно, в многокритериальной ЗПР при выборе оптимального (или наилучшего) управленческого решения с точки зрения целей ЛПР необходимо учитывать сразу несколько заданных критериев выбора альтернатив из множества  $X$ , при этом следует учитывать предпочтения ЛПР по соотношениям (по важности) критериев между собой. В этом случае при решении многокритериальной ЗПР с математической точки зрения удобно иметь дело с так называемым *векторным критерием*.

### Определение

Пусть задана ЗПР с  $m$  критериями, которым соответствуют  $m$  критериальных (оценочных) функций  $f_k: X \rightarrow \mathfrak{R}$ , где  $k = 1, 2, \dots, m$ . Тогда *векторным критерием* данной ЗПР мы будем называть отображение из множества допустимых решений  $X$  в  $m$ -мерное вещественное векторное пространство  $\mathfrak{R}^m$ , которое определяется следующим образом:

$$f = (f_1, f_2, \dots, f_m): X \rightarrow \mathfrak{R}^m \mid \forall x \in X, f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \in \mathfrak{R}^m.$$

В этом случае говорят, что задана *многокритериальная ЗПР* или *задача многокритериальной оптимизации* с множеством допустимых решений  $X$  и векторным критерием  $f$ . При этом векторное пространство  $\mathfrak{R}^m$  называют *критериальным пространством* или *пространством оценок* данной ЗПР, образ отображения  $f$  в  $\mathfrak{R}^m$ , т.е.  $\text{Im}(f) \subset \mathfrak{R}^m$  — *множеством возможных оценок*, а значение векторного критерия  $f$  на произвольном элементе  $x \in X$ , т.е.  $f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \in \mathfrak{R}^m$  — *векторной оценкой допустимого решения*  $x \in X$ <sup>1</sup>.

**Пример: покупка нового автомобиля.** В данной задаче ЛПР — это покупатель автомобиля. Всякое допустимое решение (альтернатива) означает действие — «купить конкретный новый автомобиль модели  $x$ ». Результатом реализации такого УР является покупка конкретного нового автомобиля марки  $x$ , имеющего определенные характеристики и свойства, которые могут быть выражены в количественных или качественных показателях. Так, например, критериями выбора автомобиля с точки зрения целей ЛПР могут быть: цена (в рублях, не дороже 1 млн руб.); максимальная мощность двигателя (в «лошадиных силах», не более 120 л.с.); расход топлива (в литрах, не более 7 л на 100 км шоссе); комфортность (наличие электроусилителя руля и климат-контроля или кондиционера); дорожный просвет (не менее 190 мм); удобство использования (экспертная оценка по 10-балльной шкале) и безопасность (экспертная оценка по 10-балльной шкале).

Заметим, что в данной задаче нет идеального варианта решения, при котором все критериальные функции достигали бы соответствующего экстремума. Так, например, стремление снизить цену покупки автомобиля сразу же ведет к ухудшению таких критериев, как удобство использования и безопасность. В этом случае для успешного решения данной ЗПР необходимо получить от ЛПР сведения о его предпочтениях при покупке автомоби-

<sup>1</sup> Ногин В. Д. Указ. соч.

ля. При этом следует заметить, что результат решения данной ЗПР существенно зависит как от конкретного ЛПР, так и от его системы предпочтений.

**Отношение предпочтения ЛПР.** В общем случае под *предпочтением ЛПР* понимается некоторая общая оценка качества управленческого решения ЛПР, основанная как на объективном анализе информации, так и на его субъективной оценке понятия оптимального (или наилучшего) УР. Математически понятие предпочтения может быть сформулировано следующим образом. Если при предъявлении субъекту управления двух допустимых решений  $x', x'' \in X$  ЛПР всегда выбирает допустимое решение  $x' \in X$ , а не  $x'' \in X$ , то говорят, что ЛПР *выбирает* или *отдает предпочтение* при выборе первому допустимому решению, а не второму. В этом случае формально для обозначения предпочтения выбора ЛПР используется следующая запись:  $x' >_X x''$ , где знак  $>_X$  обозначает *отношение строгого предпочтения ЛПР* (сокращенно — *отношение предпочтения*). При этом принято говорить, что на множестве допустимых решений  $X$  задано  $>_X$  — *отношение строгого предпочтения ЛПР*.

#### “Определение”

Альтернативы  $x', x'' \in X$  называются удовлетворяющими *отношению строгого предпочтения*  $>_X$ , если из этой пары допустимых решений ЛПР всегда выбирает (отдает предпочтение) первому из них, считая его лучшим (более эффективным). Обозначение:  $x' >_X x''$ .

Следует заметить, что задание на множестве  $X$  некоторого предпочтения ЛПР  $>_X$  совсем не означает, что для любых двух допустимых решений  $x', x'' \in X$  обязательно должно выполняться либо  $x' >_X x''$ , либо  $x'' >_X x'$ , т.е. в множестве допустимых решений  $X$  могут встречаться пары допустимых решений, из которых ЛПР не может априори выбрать наилучшее УР. Именно эта ситуация и является наиболее интересной с точки зрения теории принятия решений, что является существенным отличием ТПР от экономико-математических методов решения оптимизационных задач, когда требуется найти экстремум той или иной числовой функции, зависящей от некоторых параметров.

Отношение предпочтения ЛПР  $>_X$ , заданное на множестве допустимых решений  $X$ , является очень важным инструментом при решении ЗПР и будет неоднократно использоваться на протяжении всего учебника (в том числе при рассмотрении различных алгоритмов построения множества Парето в реальных многокритериальных задачах), вместе с тем, оно является частным случаем хорошо изученного математического понятия бинарного отношения. Ниже изложены некоторые полезные свойства бинарных отношений в общем случае.

#### Бинарные отношения.

#### Определение

Говорят, что на произвольном множестве  $X$  задано *бинарное отношение*  $\varphi$  (или  $>_X$ , или  $\nabla$ ), если определено некоторое подмножество  $\varphi$  декартова произведения множества  $X$  на себя, т.е.  $\varphi \subset X \times X$ . При этом говорят, что элементы  $x', x'' \in X$  *находятся в бинарном отношении*  $\varphi$ , если  $(x', x'') \in \varphi$ , что записывается в следующем виде:  $x' \varphi x''$ , или  $x' >_X x''$ , или  $x' \nabla x''$ .

Бинарное отношение  $\varphi$  на множестве  $X$  — это множество, элементами которого являются упорядоченные пары элементов из  $X$ , при этом если это множество содержит пару  $(x', x'') \in \varphi$ , то вместо такой записи часто просто пишут  $x' \varphi x''$  или  $x' >_X x''^1$ .

### Примеры бинарных отношений.

1. Пусть  $X$  — одно из числовых множеств, например,  $N$  — множество натуральных,  $Z$  — целых,  $Q$  — рациональных или  $\mathcal{R}$  — вещественных чисел. Определим отношение  $\varphi$  на  $X$  следующим образом: если  $x', x'' \in X$ , то  $x' \varphi x''$  тогда и только тогда, когда  $x' \leq x''$ , т.е. когда число  $x''$  не превосходит число  $x'$ . Это бинарное отношение называется *стандартным отношением порядка* на множестве  $X$ . Еще на этом же множестве  $X$  можно определить другое бинарное отношение  $\varphi$  следующим правилом: если  $x', x'' \in X$ , то  $x' \varphi x''$  тогда и только тогда, когда  $x' < x''$ , т.е. когда число  $x'$  строго меньше числа  $x''$ . Такое бинарное отношение принято называть *отношением строгого порядка* на множестве  $X$ .

2. Пусть  $X$  — произвольное множество. Рассмотрим множество всех его подмножеств и введем на нем бинарное отношение  $\varphi$  следующим образом: если подмножества  $A, B \subset X$ , то  $A \varphi B$  тогда и только тогда, когда  $A \subseteq B$ , т.е. когда подмножество  $A$  является подмножеством множества  $B$ . Это бинарное отношение называется *отношением включения* на множестве всех подмножеств множества  $X$ .

3. Пусть  $X$  — множество целых чисел и  $m$  — фиксированное целое число, больше 1. Определим отношение  $\varphi$  на  $X$  следующим образом: если  $x', x'' \in X$ , то  $x' \varphi x''$  тогда и только тогда, когда разность этих целых чисел  $x' - x''$  делится в множестве целых чисел  $Z$  на  $m$  без остатка. В этом случае обычно говорят, что эти целые числа  $x', x'' \in X$  *сравнимы между собой по модулю числа  $m$*  и записывают в виде  $x' \equiv x'' \pmod{m}$ . Это бинарное отношение называется *отношением сравнения по модулю  $m$*  на множестве целых чисел  $Z$ .

4. Пусть  $X = \mathcal{R}^m$  —  $m$ -мерное векторное пространство над полем вещественных чисел и заданы  $m$ -мерные векторы  $\vec{a} = (a_1, a_2, \dots, a_m), \vec{b} = (b_1, b_2, \dots, b_m) \in \mathcal{R}^m$ .

Определим важные для дальнейшего материала учебника следующие четыре бинарные отношения  $>, \geq, \gg, \varphi$  на  $\mathcal{R}^m$ :

- $\vec{a} > \vec{b} \Leftrightarrow a_i > b_i, \forall i = 1, 2, \dots, m;$
- $\vec{a} \geq \vec{b} \Leftrightarrow a_i \geq b_i, \forall i = 1, 2, \dots, m, \exists k \in \{1, 2, \dots, m\}, a_k > b_k;$
- $\vec{a} \gg \vec{b} \Leftrightarrow a_i \geq b_i, \forall i = 1, 2, \dots, m;$
- $\vec{a} \varphi \vec{b}$ , если выполнено хотя бы одно из следующих условий:

- 1)  $a_1 > b_1;$
- 2)  $a_1 = b_1, a_2 > b_2;$
- 3)  $a_1 = b_1, a_2 = b_2, a_3 > b_3;$

...

m)  $a_1 = b_1, a_2 = b_2, a_3 = b_3, \dots, a_{m-1} = b_{m-1}, a_m > b_m.$

Эти бинарные отношения, заданные на векторном пространстве  $\mathcal{R}^m$ , соответственно называются:

<sup>1</sup> Верников Б. М. Бинарные отношения [Электронный ресурс]. URL: <http://kad.m.imkn.urfu.ru/files/algeom02.pdf> (дата обращения: 04.08.2015).

- $>$  — строгого порядка (по всем координатам вектора);
- $\geq$  — строгого порядка (хотя бы по одной из координат вектора);
- $\cong$  — не строгого порядка;
- $\varphi$  — лексикографическим порядком.

Название последнего отношения объясняется тем, что именно в таком лексикографическом порядке происходит запись всех слов русского языка в любом словаре<sup>1</sup>.

Выделим несколько важных видов бинарных отношений.

#### Определение

Пусть на произвольном множестве  $X$  задано бинарное отношение  $\varphi$ , тогда мы будем его называть:

*рефлексивным*, если для любого  $x \in X$  выполняется  $x\varphi x$ ;

*иррефлексивным*, если для любого  $x \in X$  не выполняется  $x\varphi x$ ;

*симметричным*, если для любых  $x', x'' \in X$  из того, что  $x'\varphi x''$ , следует, что выполнено  $x''\varphi x'$ ;

*антисимметричным*, если для любых  $x', x'' \in X$  из того, что  $x'\varphi x''$  и  $x''\varphi x'$ , следует, что это один и тот же элемент в множестве  $X$ , т.е.  $x' = x'' \in X$ ;

*асимметричным*, если для любых  $x', x'' \in X$  из того, что выполняется  $x'\varphi x''$ , всегда следует, что никогда не может выполняться соотношение  $x''\varphi x'$ ;

*транзитивным*, если для любых  $x', x'', x''' \in X$  из того, что  $x'\varphi x''$  и  $x''\varphi x'''$ , следует, что  $x'\varphi x'''$ ;

*слабо связным*, если для любых  $x', x'' \in X$ ,  $x' \neq x''$  выполняется либо  $x'\varphi x''$ , либо  $x''\varphi x'$ .

При этом, если бинарное отношение является одновременно рефлексивным, симметричным и транзитивным, тогда его называют *отношением эквивалентности (или безразличия)*.

Нетрудно проверить, что приведенные выше **примеры бинарных отношений** обладают, например, следующими свойствами:

- *слабо связными отношениями* будут только стандартное отношение порядка ( $\leq$ ) и отношение строгого порядка ( $<$ ), заданные на множестве натуральных, целых, рациональных или вещественных чисел, а также отношение  $\varphi$  — лексикографического порядка, заданное на векторном пространстве  $\mathbb{R}^n$ ;

- *транзитивными отношениями* будут все восемь отношений, которые приведены в вышеперечисленных примерах;

- *симметричным отношением* будет только одно отношение — отношение сравнения по модулю  $m$  на множестве целых чисел;

- *рефлексивными отношениями* будут только стандартное отношение порядка ( $\leq$ ), заданное на множестве натуральных, целых, рациональных или вещественных чисел, отношение включения ( $\subseteq$ ), заданное на множестве всех подмножеств множества  $X$ , и отношение сравнения по модулю  $m$  на множестве целых чисел и отношение ( $\cong$ ) — не строгого порядка, заданное на векторном пространстве  $\mathbb{R}^n$ ;

- *отношением эквивалентности (или безразличия)* будет только одно отношение порядка — отношение сравнения по модулю  $m$  на множестве целых чисел.

<sup>1</sup> Ногин В. Д. Указ. соч.

При рассмотрении любой многокритериальной ЗПР с множеством допустимых решений  $X$  и заданным на нем отношением строгого предпочтения  $>_X$  это отношение всегда будет бинарным отношением на множестве  $X$ , которое является асимметричным и иррефлексивным.

При этом векторный критерий  $f = (f_1, f_2, \dots, f_m): X \rightarrow \mathfrak{R}^m$  позволяет ввести соответствующее отношение предпочтения на множестве возможных оценок  $Y = \text{Im}(f) \subset \mathfrak{R}^m$  следующим образом:  $x', x'' \in X: x' >_X x'' \Rightarrow y' = f(x') >_Y y'' = f(x'') \in Y \subset \mathfrak{R}^m$ , что позволяет более наглядно производить анализ предпочтений ЛПР не только в множестве допустимых решений  $X$ , но и сравнение векторов в критериальном пространстве  $\mathfrak{R}^m$ .

Важно, что если векторный критерий  $f$  является биекцией, то верно и обратное утверждение. Именно, если, например, в критериальном пространстве  $\mathfrak{R}^m$  мы выбираем отношение  $\geq$  строгого порядка хотя бы по одной из координат вектора, то это правило, в свою очередь, задает (индуцирует) на множестве допустимых решений  $X$  свое отношение строгого предпочтения следующим образом: если  $y' = f(x'), y'' = f(x'') \in Y \subset \mathfrak{R}^m: y' \geq y'' \Rightarrow x' >_X x''$ , что позволяет более наглядно и значительно проще обосновывать и осуществлять выбор оптимального (или наилучшего) с точки зрения ЛПР управленческого решения.

Более подробно взаимосвязь между отношением строгого предпочтения  $>_X$  в ЗПР и векторными оценками в критериальном пространстве будет рассматриваться в гл. 9 при рассмотрении аксиом Парето.

**Формальная модель задачи принятия решений при многих критериях в условиях определенности внешней среды.** При решении любой многокритериальной ЗПР в качестве исходной информации обычно принимается описание проблемной ситуации состояния управляемой системы и наличие ресурсов, в том числе и временных, которые выделены для решения данной задачи. В процессе решения ЗПР: формулируются цели и критерии выбора альтернатив из множества допустимых решений  $X$  для перевода управляемой системы из неудовлетворительного состояния в оптимальное (или наилучшее) с точки зрения целей ЛПР; уточняются состояние внешней среды и граничные условия; определяется множество допустимых решений  $X$ ; с учетом целей и предпочтений ЛПР строится на множестве  $X$  векторный критерий  $f$  и отношение предпочтений ЛПР  $>_X$ ; обосновывается и производится выбор оптимального (наилучшего) с точки зрения целей ЛПР управленческого решения. Вместе с тем с математической точки зрения ключевыми компонентами при общей постановке ЗПР при многих критериях являются:

- 1) нахождение множества допустимых решений  $X$ ;
- 2) построение векторного критерия

$$f = (f_1, f_2, \dots, f_m): X \rightarrow \mathfrak{R}^m \quad \forall x \in X, f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \in \mathfrak{R}^m;$$

- 3) описание отношения предпочтений ЛПР  $>_X$ , заданного на множестве  $X$ ;
- 4) нахождение подмножества выбираемых решений  $S(X) \subset X$  на основе отношения предпочтений ЛПР  $>_X$  и векторного критерия  $f$ , которые и отражают предпочтения и цели субъекта управления.

Именно знание множества допустимых решений  $X$  и заданных на нем векторного критерия  $f$  и отношения предпочтений ЛПР  $>_X$  позволяет экспертам без участия ЛПР произвести обоснованный выбор оптимального (или наилучшего) с точки зрения целей ЛПР управленческого решения.

**Обратите внимание!**

Общая постановка ЗПР при многих критериях в условиях определенности включает в себя:

- 1) нахождение множества допустимых решений  $X$ ;
- 2) построение векторного критерия

$$f = (f_1, f_2, \dots, f_m): X \rightarrow \mathfrak{R}^m \mid \forall x \in X, f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \in \mathfrak{R}^m;$$

- 3) описание отношения предпочтений ЛПР  $\succ_X$ , заданного на множестве  $X$ ;
- 4) нахождение подмножества выбираемых решений  $C(X) \subset X$  на основе отношения предпочтений ЛПР  $\succ_X$  и векторного критерия  $f$ , которые и отражают предпочтения и цели субъекта управления.

Заметим, что данное описание общей постановки ЗПР при многих критериях дано в терминах нахождения множества оптимальных (или наилучших) с точки зрения целей ЛПР управленческого решения из множества допустимых решений  $X$ . В то же время наличие векторного критерия  $f$ , как это было показано выше, позволяет достаточно легко переформулировать нашу многокритериальную ЗПР в терминах векторов из критериального пространства  $\mathfrak{R}^m$  и множества векторных оценок  $Y = \text{Im}(f) \subset \mathfrak{R}^m$ .

**Обратите внимание!**

Математическая модель решений ЗПР, которая учитывает состояние внешней среды и заданные критериальные (оценочные) функции, в более общем виде будет рассмотрена ниже в заключительной части этого параграфа.

**Математическая модель принятия решений в многокритериальной ЗПР с учетом состояния внешней среды** представляет собой формализацию соответствующей задачи принятия решений (ЗПР). В силу важности этого материала остановимся более подробно на ключевых этапах построения такой модели. Поиск решения начинается с перечисления возможных (допустимых) вариантов решений и их исходов, затем производится оценка и анализ каждого исхода. Для построения модели необходимо задать следующие три множества:

$X$  — множество допустимых альтернатив (действий, управленческих решений, стратегий, вариантов, планов, из которых ЛПР может выбрать только один элемент);

$S$  — множество возможных состояний среды, из которых может реализовываться одно и только одно состояние;

$R$  — множество возможных результатов или исходов, полученных в результате реализации принятого управленческого решения (событий, имеющих, если не задано ничего дополнительного, совершенно произвольную структуру).

Всегда предполагается, что множество  $X$  содержит не менее двух альтернатив — иначе надобность в принятии решения отпадает.

Лицо, принимающее решение, выбирает одну из возможных альтернатив, при этом каждый исход (результат) зависит как от выбранной альтернативы, так и от состояния среды. Таким образом, каждый исход  $r \in R$  мож-

<sup>1</sup> Ногин В. Д. Указ. соч.

но представить как результат действия некоторого отображения  $F$  из прямого произведения двух множеств (т.е. из множества упорядоченных пар элементов двух множеств)  $S \times X$  в множество возможных результатов (исходов)  $R$ , т.е.

$$r = F(s, x), \quad s \in S, \quad x \in X.$$

### Определение

|| Отображение  $F: S \times X \rightarrow R$  называется *функцией реализации* или *функцией выбора* управленческого решения или действия.

### Обратите внимание!

Набор объектов  $\langle S, X, R, F \rangle$  составляет *реализационную структуру* задачи принятия решения.

Заметим, что функций выбора может быть несколько, но мы пока ограничиваемся рассмотрением одной.

**Пример: рассмотрение одной из функций выбора.** Пусть некто, например, студент Петр, имеет мобильный телефон. Ему необходимо внести абонентскую оплату. Множество альтернатив можно строить разными способами. В самом простом случае, соответствующем логическим  $\{\text{TRUE}, \text{FALSE}\}$ , Петр может принимать решение вносить или не вносить деньги за телефон. В этом случае множество альтернатив будет состоять из двух элементов:  $X = \{0, 1\}$  (иметь «бинарную», «булеву» структуру). В несколько более общем случае, когда Петр выбирает из трех следующих альтернатив: не вносить оплату, внести не более 100 руб. или внести более 100 руб., множество альтернатив  $X$  очевидно превратится в множество, состоящее из трех элементов. В случае, когда рассматривает варианты внести любую сумму в пределах от 0 до 1000 руб., то множество  $X$  будет представлять собой интервал числовой оси. Отметим, что шаг дискретизации этого интервала, будет равен шагу дискретизации платежной системы: 1 коп., 10 коп., 1 руб., 10 руб., 50 руб., 100 руб. В подобных вопросах современная литература по вычислительным финансам рекомендует использовать непрерывную денежную шкалу — в этом случае множество альтернатив представит собой непрерывный интервал  $[0, 1000]$ . Состоянием среды  $s \in S$  будет сумма на счете телефона на некоторую конкретную дату — дату принятия решения (управленческого решения по управлению денежным счетом телефона). Приняв определенное решение и выбрав какую-либо альтернативу, Петр начинает пользоваться телефоном или не имеет такой возможности. Множество исходов (результатов) будет состоять из двух элементов  $R = \{r_1, r_2\}$ , где  $r_1 = \{\text{телефон отключен}\}$ ,  $r_2 = \{\text{телефон не отключен}\}$ .

Теория принятия решений неотделима от понятия критерия. Уточним понятие критерия, заданного в зависимости от контекста, на исходных множествах  $\langle S, X, R, F \rangle$ : а) на множестве  $X$  — альтернатив, действий в задаче принятия решений; б) на множестве  $S$  — состояний среды, в первую очередь, на множестве гипотез о состоянии среды; в) на множестве  $R$  — результатов; г) на множестве  $F$  — функций реализации управляющего решения. Если рассматривается многокритериальная ЗПР, то и множество функции  $F$  ее

реализации содержит не один элемент. В общем случае критерий всегда подразумевает тот или иной анализ некоторого заданного множества. Элементы анализируемого множества в контексте критериального подхода принято называть альтернативами, и это может создать определенную путаницу с понятием «альтернатива», как элемент множества  $X$  в задаче принятия решений. Чтобы избежать этой путаницы мы (по мере возможностей), в зависимости от контекста, будем употреблять словосочетания соответственно: «альтернативы критерия» и «альтернативы управленческих решений», «альтернативы действий», «альтернативы стратегий». Отметим, что изначально на множестве альтернатив критерия не предполагается предварительного задания никакой структуры.

#### Определение

*Критерием*, заданным на множестве, называемом *множеством альтернатив критерия*, мы называем пару: *признак и правило*, позволяющую разбить заданное множество (по данному признаку с помощью заданного правила) на два непересекающихся и взаимно дополняемых подмножества, которым присваиваются два различных логических значения: {TRUE, FALSE} или соответствующие им индикаторные значения {1, 0}.

Критерий всегда должен сопровождаться *критериальной (оценочной) функцией*, на основании которой реализуется правило, производящее разбиение.

Критериальная функция всегда должна действовать из критериального множества в некоторое линейно упорядоченное множество. В случае, когда это линейно упорядоченное множество представляет собой подмножество вещественных чисел  $\mathfrak{R}$ , принято говорить об оценочной функции.

**Замечание.** В философии особо выделяют критерии истинности знания. Различают логические и эмпирические критерии истинности. Так говорят: «Практика — критерий истинности», подразумевая эмпирические критерии. Вместе с эмпирическими критериями рассматриваются и теоретические критерии. Критерий истинности математической теоремы — строгость ее доказательства.

В контексте нашего введенного формализма, т.е. реализационной структуры  $\langle S, X, R, F \rangle$ , и порядка важности решаемых задач множеством альтернатив критерия в первую очередь будет являться элемент структуры  $\langle X \rangle$  — множество альтернатив управленческих решений, а во вторую очередь  $\langle S \rangle$  — множество состояний среды, а если точнее — то множество вероятностных распределений на множестве состояний среды.

К эмпирическим критериям относятся статистические критерии проверки гипотез. Как раз в этом случае множеством альтернатив критерия является множество вероятностных распределений, заданных на множестве состояний среды.

Действие критерия проявляется уже на стадии *формирования реализационной структуры*. Так, говоря о «допустимых» стратегиях (альтернативах), мы по некоторому «стоящему за кадром» критерию отсеиваем все «недопустимые» стратегии. Для того, чтобы оценить «правильность» выбранного действия или принятого решения, ЛПР необходимо иметь критерий сравнения управленческих решений. Так как само по себе, в отрыве от результата, УР ничего не значит, и решения сравниваются по результатам (исходам), к которым они приводят, то возникает необходимость иметь критерий

(критерии) сравнения результатов. В этом случае множеством альтернатив критерия становится  $R$  — множество результатов (исходов). Для такого критерия признаком будет предпочтительность (или приемлемость) того или иного результата, а правилом — следующее введенное отношение строгого предпочтения на множестве  $R$ .

Строгое предпочтение  $r_1 > r_2$  означает, что исход  $r_1$  предпочтительней, чем  $r_2$ , и нестрогое предпочтение  $r_1 \geq r_2$  означает, исход  $r_1$  не менее предпочтителен, чем исход  $r_2$ .

В случае, если ЛПР может оценить эффективность (равнозначные по смыслу термины: «полезность», «ценность») каждого исхода  $r \in R$  некоторым числом  $\varphi(r)$  из множества вещественных чисел  $\mathfrak{R}$ , то задается *оценочная структура* задачи принятия решений в виде пары  $\langle R, \varphi \rangle$ , где функция

$$\varphi: R \rightarrow \mathfrak{R}.$$

### Определение

Функция  $\varphi$  называется *оценочной (критериальной) функцией предпочтения*, заданной на множестве  $R$  всех возможных результатов (исходов), которые можно получить при реализации управленческих решений из заданного множества  $X$  — допустимых решений.

После того, как мы ввели понятие критериальной функции, на ее основе зададим операцию сравнения двух результатов  $r_1, r_2 \in R$  по следующему признаку предпочтения

$$r_1 > r_2 \Leftrightarrow \varphi(r_1) > \varphi(r_2).$$

Говорят, что (оценочная) функция  $\varphi$  порождает (частичное) отношение порядка на множестве реализаций  $R$ . Так как критериальная функция позволяет вычислять численное значение отношения предпочтения, то очевидным образом, на основе отношения строгого порядка на множестве вещественных чисел  $\mathfrak{R}$ , возникает правило, дающее предпочтения по данному критерию и, как следствие, позволяющее разбивать (на два подмножества, как требуется при разбиении в определении критерия, но и не только так) множество результатов  $R$  в соответствии с признаком предпочтения.

**Замечание.** Отметим, что множество значений оценочной функции может влиять на формирование самой реализационной структуры ЗПР. Может так оказаться, что множество допустимых действий (альтернатив)  $X$  не дает ни единого приемлемого значения оценочной функции. Так, например, вы заходите в кафе пообедать и убеждаетесь, что за ваш бюджет вы не можете получить приемлемого полноценного обеда.

**Пример: задания оценочной структуры ЗПР.** Один из самых простых, но при этом основных способов задания оценочной структуры задачи принятия решений заключается просто в разбиении множества исходов  $R$  на два непересекающихся подмножества:  $R = R^* \cup R^0$ ,  $R^* \cap R^0 = \emptyset$ , где  $R^0$  — класс «плохих» (неприемлемых, недопустимых) исходов, а  $R^*$  — класс «хороших» (приемлемых, допустимых) исходов. Оценочная функция  $\varphi$  здесь изначально не задается, а порождается собственно разбиением и представляет собой индикаторную функцию, заданную на множествах разбиения: 0, если «плохо», и 1, если «хорошо». Также здесь оценочной функции можно

приписать и логические значения {TRUE, FALSE}. В этом случае признаком критерия для сравнения двух исходов будет следующее соотношение

$$r_1 > r_2 \Leftrightarrow r_1 \in R^*, r_2 \in R^0.$$

Правило же критерия, дающее здесь разбиение критериального множества альтернатив, реализуется заранее, «за кадром», на основе, возможно, индивидуального представления ЛПР о «хорошем» и «плохом» исходе. При этом заметим, что данной модели оценочной структуры исходы, принадлежащие одному из множеств, между собой предполагаются несравнимыми (равноценными или эквивалентными с точки зрения ЛПР).

**Пример:** следующий способ построения оценочной структуры с логической оценочной функцией использует некоторую «начальную» оценочную функцию  $\varphi$ , реализуемую уже «в кадре». Разбиение множества исходов  $R$  на два класса здесь осуществляется следующим способом, который представляет собой пример применения критерия, где множеством альтернатив критерия будет множество результатов, а критериальной функцией будет функция  $\varphi$ . Следует задать некоторое пороговое (критическое) значение  $c^* \in \mathfrak{R}$  для функции  $\varphi$ . Тогда получим следующее разбиение множества  $R = R^0 \cup R^*$  на два непересекающихся подмножества

$$R^0 = \{r \mid \varphi(r) < c^*\}, R^* = \{r \mid \varphi(r) \geq c^*\}.$$

Здесь значением признака сравнения  $r$  будет значение, которое приняла  $\varphi(r)$ , а правилом, порождающим разбиение  $R = R^0 \cup R^*$ , будет правило сравнения с критическим значением  $c^* \in \mathfrak{R}$ .

Более общим случаем будет выбор некоторого (открытого) подмножества вещественных чисел  $X_0 \subset \mathfrak{R}$ , которое принято называть *критическим*, задающего разбиение множества исходов следующим образом

$$R^0 = \{r \mid \varphi(r) \in X_0\}, R^* = \{r \mid \varphi(r) \notin X_0\}.$$

Заметим, что критерии такого типа применяются, например, в задачах проверки статистических гипотез при построении критериев согласия.

**Пример:** компания опубликовала объявление о приеме на работу бизнес-информатиков в возрасте от 20 до 50 лет. Тогда критическим множеством «хороших» исходов для претендентов будет интервал их возраста — [20, 50].

Логические значения множеств  $\{R^0, R^*\}$  могут меняться местами в зависимости от предпочтений.

### «Определение»

Целевой функцией  $f$  заданной ЗПР будем называть последовательное применение функции реализации и оценочной функции (композицию, суперпозицию соответствующих функций)

$$f = \varphi \cdot F: (S \times X) \rightarrow R \rightarrow \mathfrak{R}.$$

Вещественное число  $f(s, x) \in \mathfrak{R}$  отражает *полезность (ценность, эффективность)* того исхода, который получается в ситуации, когда ЛПР выбирает управленческую альтернативу  $x \in X$ , а среда принимает некоторое состояние  $s \in S$ . Заметим, что в экономике (да и политике) нередко можно столкнуться с ситуацией, когда выбор полезности влияет на состояние сре-

ды. «Полезность» пушнины, например, приводит к перманентному уменьшению соответствующих животных в лесах и, в лучшем случае, — к появлению ферм по их искусственному выращиванию. Полезность рождает спрос → → спрос рождает предложение → предложение меняет состояние среды.

В случае, когда ЛПР стремится к увеличению значения функции  $f$ , выбирая управленческую альтернативу, то говорят, что  $f$  показывает *ценность, эффективность или выигрыш*. В противном случае, при стремлении ЛПР к уменьшению значений  $f$  эта выражает *потери, проигрыш, ущерб, риски*.

Заметим, что оценочная структура ЗПР носит субъективный характер: оценивание исходов производится с точки зрения принимающего решение. Наиболее распространенным является задание оценочной структуры в виде оценочной функции  $\varphi$  или целевой функции  $f$ .

В зависимости от информации, которую имеет при принятии решения ЛПР относительно состояния внешней среды, различают несколько основных типов задач принятия решения. Приведем их классификацию по этому признаку.

### 1. Принятие решения в условиях определенности.

В таких задачах состояние среды остается неизменным (т.е. множество состояний среды  $S$  состоит из одного единственного элемента) и не влияет на принимаемое решение. При этом ЛПР имеет полную информацию о закономерностях поведения рассматриваемой управляемой системы. Таким образом, поскольку  $S$  состоит из единственного элемента, то каждый исход  $r \in R$  зависит только от выбранной альтернативы  $x \in X$  и может быть представлен в более простом виде, а именно:

$$r = F(x), \text{ где } x \in X,$$

где функция реализации  $F: X \rightarrow R$ .

Целевая функция, также как и функция реализации, зависит только от имеющихся альтернатив  $x \in X$  в множестве допустимых решений

$$f: X \rightarrow \mathfrak{R}.$$

Решение в таких задачах принимается на основании поведения целевой функции. В качестве оптимальной или наилучшей выбирается альтернатива  $x_0 \in X$ , на которой целевая функция достигает своего экстремума (максимума или минимума)

$$f(x_0) = \max_{x \in X} f(x) \text{ или } f(x_0) = \min_{x \in X} f(x).$$

Задачи такого типа можно разделить на два типа: вариационные и задачи математического программирования. Для решения вариационных задач применяются методы математического анализа и вариационного исчисления, позволяющие находить экстремумы дифференцируемой функции  $f$ . К математическому программированию относятся следующие типы задач: задачи линейного программирования; задачи квадратичного программирования; задачи выпуклого программирования; задачи дискретного программирования.

### 2. Принятие решения в условиях неопределенности.

Лицо, принимающее решение, имеет информацию стохастического («модельного» в терминах вероятностных моделей) характера о поведении сре-

ды. В данном контексте возможны следующие варианты описания состояния среды:

1) случайное состояние среды описывается вероятностным пространством  $(S, \mathfrak{I}, P)$ . Это так называемая классическая «вероятностная тройка». Здесь  $\mathfrak{I}$  –  $\sigma$ -алгебра событий, т.е. множество случайных событий с системой замкнутой относительно взятия дополнения, счетных объединений и пересечений. Таким образом это позволяет нам рассматривать, как «точечные» состояния среды, так и «множественные». На событиях из  $\sigma$ -алгебры  $\mathfrak{I}$  предполагается заданной вероятность (вероятностная мера)  $P$ ;

2) распределение вероятностей на множестве состояний среды  $S$  неизвестно, но его можно оценить статистически или посредством эксперимента (так называемый байесовский подход);

3) известно множество состояний среды  $S$ , но нет никакой информации об этом множестве, дающей возможность оценить вероятностные свойства этого множества. *Задачи такого типа называются задачами принятия решений в условиях полной неопределенности.* В данной ситуации формулируется некоторая гипотеза о поведении среды, на основании этой гипотезы строится вероятностное пространство и применяется минимаксный (или максиминный) подход. В том случае, когда множество состояний среды  $S$  конечно, а вероятность на  $S$  так или иначе требуется ввести, то обычно каждому элементу из  $S$  присваивается одинаковая вероятность;

4) случайность среды определяется целенаправленными действиями контрагентов. *В таком случае говорят о принятии решения в теоретико-игровых условиях.* Состояние среды здесь меняется в зависимости от информации о действиях контрагента. Типичный пример, когда один контрагент скупает актив, а его оппонент решает вопрос: скупка идет, чтобы поднять цену с целью дальнейшей продажи (игра на повышение), или же от реального спроса.

Приведем два примера задач принятия решений для двух разных моделей возможных состояний среды  $S$ .

**Пример: задача принятия решений в условиях определенности – задача линейного программирования или задача оптимальной организации производства.** Множество состояний среды состоит из одного элемента.

Предположим, что для производства некоторой продукции необходимо  $m$  видов сырья. На имеющемся у предприятия оборудовании можно реализовать  $n$  способов производства, различающихся между собой составом сырья, требуемого для производства единицы продукции.

Будем нумеровать способы производства индексом  $j = 1, 2, \dots, n$ , а виды сырья индексом  $i = 1, 2, \dots, m$ . Обозначим через  $a_{ij} \in \mathfrak{R}$  количество сырья  $i$ -го вида, необходимое для получения единицы продукции  $j$ -м способом производства. Запасы сырья ограничены величинами  $b_i$ .

Единица продукции, произведенная  $j$ -м способом производства, приносит прибыль в размере  $c_j$  некоторых условных единиц (у.е.). Требуется организовать производство, чтобы получить максимальную прибыль.

Множество альтернатив  $X$  для такой задачи будет состоять из векторов  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^n$ , называемых планом производства. При этом имеется ряд ограничений. Во-первых, компоненты вектора  $\bar{x}$  должны быть неотрицательными числами. Во-вторых, величины  $\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j$ , представляющие собой ко-

личества  $i$ -го сырья, должны не превосходить значений  $b_i \in \mathfrak{R}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ . Таким образом, множество допустимых альтернатив  $X$  будет иметь вид

$$X = \left\{ \bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^n \mid \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m, x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \right\}.$$

В качестве целевой функции возьмем прибыль, которую может принести план производства  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^n$ ,

$$f(\bar{x}) = \sum_{j=1}^n c_j x_j.$$

Таким образом, решением данной ЗПР будет нахождение такого плана производства (оптимального плана)  $\bar{x}_0 = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^n$ , который максимизирует прибыль при заданных ограничениях, т.е.

$$f(\bar{x}_0) = \max_{\bar{x} \in X} f(\bar{x}).$$

Заметим, что данная задача принятия решений может быть рассмотрена и в условиях, когда искомый план (множество планов) должен обеспечивать получение прибыли ЛПР не меньше некоторого наперед заданного (критического) значения  $c^* \in \mathfrak{R}$ , т.е. оптимальный план производства  $\bar{x}_0 = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^n$  должен удовлетворять следующему неравенству:

$$f(\bar{x}_0) \geq c^*.$$

**Пример: задача принятия решений в условиях вероятностной неопределенности — задача оценки эффективности инвестиционного портфеля.** Множество состояний среды состоит из бесконечного, несчетного числа элементов (континуум мощности). На множестве состояний явно задана вероятность.

Пусть имеется инвестиционный портфель, содержащий два актива. Доходности от вложения единицы капитала для данных активов описываются случайными величинами  $\xi_1, \xi_2$ , которые, вообще говоря, не являются стохастически независимыми.

Пусть  $\xi_1$  имеет равномерное распределение на отрезке  $[0, 12]$ , т.е. доходность первого актива может быть любой в пределах от 0 до 12%. Пусть  $\xi_2$  может принимать значения 2 или 10% с вероятностями, равными 0,5, т.е. второй актив может с одинаковыми вероятностями принести либо 2%, либо 10%.

Инвестор хочет распределить единицу имеющегося у него капитала между этими активами оптимальным в некотором смысле образом.

В данной постановке задачи состояние среды является двумерным вещественным пространством  $S = \mathfrak{R}^2$  с заданной вероятностной структурой  $(\mathfrak{R}^2, \mathfrak{T}^2, P)$ , где  $\mathfrak{T}^2$  — борелевская  $\sigma$ -алгебра,  $P$  — совместное распределение вектора  $\xi = (\xi_1, \xi_2)$ . Множество альтернатив  $X$  имеет следующий вид:

$$X = \{ \bar{x} = (x_1, x_2) \in \mathfrak{R}^2 \mid x_1 + x_2 = 1 \}.$$

Множеством исходов решения  $R$  будет множество значений случайной величины  $Y$  являющейся средневзвешенной доходностью портфеля

$$Y = x_1 \xi_1 + x_2 \xi_2.$$

Таким образом, возникает необходимость сравнения случайных доходностей. Зададим оценочную функцию  $\varphi$ , например, как математическое ожидание случайной средневзвешенной доходности

$$\varphi(\bar{x}) = E(Y) = x_1 \cdot 6 + x_2 \cdot 8,5.$$

Тогда более предпочтительным решением будет выбор такого вектора  $\bar{x}$ , для которого среднее значение больше

$$\bar{x}^{(1)} > \bar{x}^{(2)} \Leftrightarrow E(Y^{(1)}) > E(Y^{(2)}).$$

Множество наилучших решений может строиться либо как множество векторов  $\bar{x}$ , при которых средняя доходность портфеля будет максимальной. Очевидно, что в данном числовом примере, так как выражение для математического ожидания  $E(Y) = x_1 \cdot 6 + x_2 \cdot 8,5$  линейно зависит от  $(x_1, x_2)$ , то следует взять  $(x_1 = 0, x_2 = 1)$ .

Не менее распространенный критерий выбора решения, когда средняя доходность портфеля будет превышать некоторое наперед заданное пороговое значение  $M$  например,  $M = 7\%$ :

$$\bar{x}^{(0)} \in R^*,$$

где  $R^*$  — множество «хороших» решений, если

$$\varphi(\bar{x}^{(0)}) = \max_{\bar{x} \in X} \varphi(\bar{x}),$$

либо

$$\varphi(\bar{x}^{(0)}) > M.$$

В этом случае приемлемым управленческим решением будет всякая пара  $(x_1, x_2)$ , такая, что  $x_1 + x_2 = 1$  и  $x_1 \cdot 6 + x_2 \cdot 8,5 > 7$ , т.е.  $x_1 < 0,6, x_2 = 1 - x_1$ .

## 6.5. Классификация задач принятия решений

В своей частной и производственно-хозяйственной деятельности человек сталкивается с ситуацией принятия решений. Многообразие ситуаций, целей, условий, в рамках которых возникают задачи принятия решений, делает затруднительным проведение четкой классификации самих ЗПР.

Тем не менее среди множества параметров, описывающих специфику задач принятия решений, можно назвать те, значения которых определяют укрупненные классы ЗПР и учитываются в условиях и предпосылках применения соответствующих им методов принятия решений.

### **Обратите внимание!**

Специфика задач принятия решений отражена в значениях ряда параметров, описывающих эти задачи, и определяет классификации ЗПР и методов принятия решений, соответствующих этим задачам.

Особенности задач принятия решений отражаются в условиях и предпосылках применения соответствующих методов решения, поэтому классификации ЗПР и методов их решения тесно связаны между собой.

Классификация методов принятия решений необходима для определения общих и конкретно-специфических подходов к их разработке, использованию и оценке, что позволяет повысить качество принимаемых решений. Число параметров, определяющих классификацию методов принятия решений, может быть очень большим и разнообразным.

Однако к числу параметров (признаков) классификации методов принятия решений и, тем самым, ЗПР, используемых чаще всего, могут быть отнесены следующие<sup>1</sup>.

- **Сфера решаемых задач принятия решений и применения методов.**

Рассматриваемый параметр классификации связан с характером решаемых задач: экономических, организационных, технологических, технических, экологических и пр.

- **Целевой характер задач принятия решений.** По этому параметру ЗПР и методы их решения могут быть представлены как текущие (оперативные), тактические, стратегические.

- **Вариант иерархического упорядочения вариантов принятия решений.** По уровням иерархии выделяют ЗПР и методы их решения на уровне всей системы, на уровне подсистем, на уровне отдельных элементов системы. Чаще всего исследуются и строятся общесистемные решения, которые затем доводятся до элементарного уровня, однако возможен и обратный вариант.

- **Функциональное содержание алгоритмов и процедур поиска решений.** Задачи и методы принятия решений могут быть классифицированы по отношению к общим функциям управления: задачи и методы решения, связанные с учетно-плановой, организационной функцией управления, с прогнозированием и т.д.

- **Структура анализируемых проблемных ситуаций.** Это могут быть задачи и методы принятия решений, ориентированные на структурированные, слабоструктурированные и неструктурированные проблемные ситуации.

- **Учет качества и определенности исходной информации<sup>2</sup>.** Здесь можно выделить большие классы задач и методов принятия решений: задачи и методы принятия решения в условиях определенности — с детерминированными характеристиками; задачи и методы принятия решений для условий неопределенности, в том числе для условий вероятностной неопределенности, условий риска и условий полной неопределенности; задачи и методы принятия решений в конфликтных ситуациях, когда в процессе управления экономическими системами возникают ситуации, при которых сталкиваются интересы нескольких конкурирующих сторон, преследующих противоположные цели<sup>3</sup>. Оценка определенности (достоверности) или стохастичности информации очень существенна, так как при выборе метода решения задачи для стохастической информации важно выделение предпо-

---

<sup>1</sup> При выделении признаков классификации задач и методов принятия решений авторы использовали подготовленные А. А. Бабаевым материалы соответствующих глав учебника: Системы поддержки принятия решений: теория и практика : учебник / под ред. В. Г. Халина и Г. В. Черновой. М. : Юрайт, 2015.

<sup>2</sup> Вопросы информации как ключевого фактора принятия решений рассмотрены в гл. 17 данного учебника.

<sup>3</sup> Более подробно этот вопрос рассмотрен в кн.: Системы поддержки принятия решений: теория и практика : учебник / под ред. В. Г. Халина и Г. В. Черновой. М. : Юрайт, 2015.

сылок о законах распределения значений критериев и (или) параметров этих законов. Заметим также, что сама исходная информация может быть представлена данными, имеющими числовой, нечисловой или смешанный характер<sup>1</sup>. К числу методов решения, использующих нечисловые данные, можно отнести, в частности, методы, объединяемые названием «методов неметрического шкалирования», методы, основанные на теории бинарных отношений, а также многие методы, использующие экспертные оценки<sup>2</sup>.

• **Шкалы значений выбранных критериев.** При этом речь идет не только о том, что они могут быть как числовыми, так и нечисловыми, но и о тех методах, которые используются для измерения этих критериев в целях их оценки. Данный классификационный признак является существенным особенно для многокритериальных задач, так как для измерения разных частных критериев могут использоваться разные шкалы значений этих критериев.

• **Количество критериев для оценки принимаемого решения.** По этому параметру можно выделить однокритериальные и многокритериальные задачи и методы принятия решений. В силу сложности разработки решений для обоих названных классов задач и методов принятия решений в зависимости от степени определенности (достоверности) имеющейся и используемой для принятия решения информации задачи и методы принятия решений подразделяются на классы однокритериальных и многокритериальных задач, определяемые полной определенностью используемой информации, ее вероятностной неопределенностью, условиями риска и полной неопределенностью используемой информации<sup>3</sup>. В свою очередь многокритериальные методы на уровне алгоритмической реализации могут включать целый перечень других методов, например, метод главного критерия, метод линейной свертки, метод максимальной свертки, метод лексикографической оптимизации, метод Нелдера – Мида, адаптивный метод, метод Саати, метод ограничений и др.<sup>4</sup> Многокритериальность ЗПР накладывает дополнительные обязанности на ЛПР, связанные с уточнением метода принятия решения. До принятия решения об окончательном выборе метода решения многокритериальной задачи ЛПР должен осуществить:

— выбор частных критериев, включаемых в рассмотрение хотя бы на первоначальном этапе с целью определения метода принятия решения;

— отбор числовых или нечисловых шкал значений выбранных частных критериев, а также методов, используемых для измерения этих критериев в целях их оценки;

— оценку информации, так как при выборе метода решения задачи для стохастической информации важно выделение предпосылок о законах распределения значений частных критериев и (или) параметров этих законов;

---

<sup>1</sup> Ярыгин А. И., Колачева Н. В., Палфёрова С. Ш. Методы нахождения оптимального решения экономических задач многокритериальной оптимизации // Вектор науки. ТГУ. 2013. № 1 (23). С. 388–393.

<sup>2</sup> См., например: Орлов А. И. Эконометрика : учебник для вузов. М. : Экзамен, 2003. 576 с.

<sup>3</sup> Вопросы принятия решений в многокритериальных задачах для условий вероятностной неопределенности, условий риска и условий полной неопределенности подробно рассматриваются в гл. 14–16 данного учебника.

<sup>4</sup> Раскрытию особенностей принятия решения в многокритериальных задачах уделено содержание нескольких глав данного учебника.

— анализ структуры и силы взаимосвязей частных критериев;  
— отбор частных критериев, связанных взаимной компенсацией, когда решение, мало эффективное по одному из частных критериев, перекрывается решением, высокоэффективным по другому частному критерию.

• **Способ ранжирования критериев принятия решений.** При использовании многокритериальных МПР может использоваться лексикографическое ранжирование критериев, ранжирование критериев способом парных сравнений, ранжирование на основе выделения недоминируемых критериев (множество Парето)<sup>1</sup>.

• **Причинно-следственные условия актуализации задачи и методов принятия решений.** По причинам возникновения МПР делятся:

— на ситуационные, связанные с характером возникающих обстоятельств; по предписанию (распоряжению) вышестоящих органов;

— программные, связанные с включением данного объекта управления в определенную структуру программно-целевых отношений и мероприятий;

— инициативные, связанные с проявлением инициативы системы, например в сфере производства товаров, услуг, посреднической деятельности;

— эпизодические и периодические, вытекающие из периодичности воспроизводственных процессов в системе (например, сезонности сельскохозяйственного производства, сплава леса по рекам, геологических работ) и т.п.

• **Организационное оформление.** В зависимости от организации разработки решений выделяются следующие категории пользователей: индивидуальные, коллегиальные, коллективные. Выбор задачи принятия решения и способа организации разработки метода принятия решений часто зависит от компетентности руководителя, уровня квалификации коллектива, специфики решаемых задач, используемых ресурсов и т.д.

• **Исходные методы разработки решений**<sup>2</sup>. К их числу можно отнести ситуационные методы и количественные МПР.

— **Ситуационные методы**, связанные с характером возникающих обстоятельств. Отличительная особенность ситуационных МПР состоит в том, что они применяются для формализации определенного вида человеческой деятельности, ориентированной на установление наилучшего варианта действий в рассматриваемой прикладной ситуации. Предполагается, что лицо, принимающее решение является рациональным человеком и его решения есть результат упорядоченного процесса мышления. Осуществляя выбор, рациональный человек максимизирует некоторую функцию полезности. Наиболее часто используемыми среди ситуационных методов являются метод анализа ситуаций МАИ; метод многокритериальной полезности МАУТ; метод ЗАПРОС; методы РИПСА; методы ELECTRE и др.

— **Количественные методы принятия решений.** В их основе лежит научно-практический подход, предполагающий выбор оптимальных решений с использованием инструментальных средств и автоматизированной обработки больших массивов информации. В зависимости от типа математических функций, положенных в основу моделей, различают:

<sup>1</sup> Эти вопросы подробно рассмотрены в соответствующих главах данного учебника.

<sup>2</sup> См., например: Системы поддержки принятия решений: теория и практика : учебник / под ред. В. Г. Халина и Г. В. Черновой. М. : Юрайт, 2015.

а) *линейное программирование* — используются линейные зависимости в целевой функции и ограничениях на значения искоемых переменных;

б) *нелинейное, целочисленное и комбинаторное программирование* — функциональные зависимости в целевой функции и ограничивающих условиях носят дискретный, целочисленный или комбинаторный характер;

в) *динамическое программирование* — рассматривает в динамике процесс поэтапного многошагового решения задачи и вводит дополнительные переменные на отдельных шагах этого процесса;

г) *вероятностное и статистическое программирование* — используется для принятия решений в системах, процесс функционирования которых связан со случайными факторами, и реализуется на основе численных методов и компьютерного моделирования;

д) *теоретико-игровое программирование* — моделирование таких ситуаций, принятие решения в которых должно учитывать несоответствие интересов различных сторон или участников;

е) *имитационное программирование* — моделирование ситуаций, направленные на экспериментальную проверку реализации различных решений, обусловленных изменением исходной предпосылки и уточнением требований к ним.

• *Специфика учета риска при принятии решения*<sup>1</sup>. На результаты принимаемого решения экономический риск может оказывать разное влияние. В том случае, если оно наблюдается, но по оценкам экспертов не приведет к разрушению наблюдаемой системы, его влияние учитывается в тех условиях и ограничениях, которые вводятся в тот или иной метод принятия решений. Однако в случае существенного влияния риска на функционирование всей исследуемой системы риск рассматривается как самостоятельный объект управления, предполагающий использование специфических методов управления им. К числу признаков, определяющих классификацию методов управления риском, относятся: содержание имеющейся информации по риску; управляемый параметр риска; реализованность риска во времени; перераспределение ответственности по риску; вариант финансирования риска; вариант совместных значений параметров риска; вид договора по софинансированию риска.

### **Обратите внимание!**

В основе классификации задач принятия решений и соответствующих методов их решения лежат признаки, описывающие специфику и особенности самих задач принятия решений.

Любая классификация задач и МПР помогает формировать типовые решения, определяемые значениями определенного набора параметров, используемого при построении этой классификации.

## **Резюме**

Эволюция методологических основ таких направлений, как исследование операций, системный анализ и теория принятия решений, характеризуется их взаимным проникновением. Интеграция методов позволяет ЛПР

<sup>1</sup> Более подробно об этом в гл. 13 данного учебника.

достичь максимального эффекта в исследовании сложных слабоструктурированных объектов и процессов, к которым относятся социально-экономические системы.

В процессе разработки и анализа результатов практической реализации управленческого решения неизбежно возникают такие категории, как признаки, показатели, критерии, которые используются для формализации свойств и характеристик изучаемых объектов и явлений, контроля за достижением поставленных целей. При измерении свойств экономического объекта важным является выбор шкалы измерения, которая бы позволила, с одной стороны, получить максимально информативную оценку, с другой — избежать неоправданного стремления к высокой точности в случаях, где это может привести к снижению качества получаемой информации об объекте. Например, при проведении экспертных опросов популярным является использование порядковой шкалы, в рамках которой осуществляется ранжирование альтернатив без количественной оценки их характеристик, что наилучшим образом соответствует принципам мышления человека и позволяет экспертам наиболее корректно выразить свое мнение.

Необходимость принятия управленческого решения возникает при наличии проблемной ситуации, т.е. когда состояние управляемой системы является неудовлетворительным с точки зрения целей ЛПР. Целью ЗПР является нахождение оптимального (или наилучшего) управленческого решения, т.е. такого УР, которое переводит управляемую систему из неудовлетворительного состояния в состояние, которое удовлетворяет ЛПР.

Моделирование проблемных ситуаций для конкретной ЗПР часто проводят несколькими доступными методами, затем, сопоставляя полученные результаты, выбирают тот, который с точки зрения экспертов или ЛПР наиболее адекватно описывает исходную ситуацию, что позволяет повысить качество принимаемых управленческих решений.

Общая постановка ЗПР при многих критериях включает в себя: нахождение множества допустимых решений; построение векторного критерия; описание отношения предпочтений ЛПР; нахождение подмножества оптимальных (или наилучших) управленческих решений на основе отношения предпочтения и векторного критерия, которые и отражают цели субъекта управления.

Математическая модель ЗПР предусматривает задание множества допустимых решений, множества возможных состояний среды, множества возможных результатов или исходов, полученных в результате реализации принятого управленческого решения, определения критериальной (оценочной) функции и отношения предпочтения.

В зависимости от информации, которую имеет при принятии решения ЛПР относительно состояния внешней среды, различают несколько основных типов задач принятия решения: ЗПР в условиях определенности; ЗПР в условиях неопределенности (случайное состояние среды описывается с заданной вероятностью; распределение вероятностей на множестве состояний среды неизвестно, но его можно оценить статистически или посредством эксперимента; известно множество состояний среды, но нет никакой информации об этом множестве, дающей возможность оценить вероятностные свойства этого множества (ЗПР в условиях полной неопределенности)); случайность среды определяется целенаправленными действиями контрагентов (ЗПР в теоретико-игровых условиях).

Классификация задач принятия решений тесно связана с классификацией методов принятия решений, так как последние в виде требований и ограничений учитывают специфику и условия самих задач.

Многообразие особенностей и условий ЗПР обуславливает множество возможных классификаций МПР.

Знание специфики тех или иных условий задачи и соответствующих методов принятия решений предопределяет возможность их эффективного использования ЛПР для принятия наилучших решений в прикладных экономических ситуациях. Это объясняется тем, что классификации задач и МПР позволяют определить круг решений, разрабатываемых в определенных подразделениях аппарата управления и принимаемых на различных иерархических уровнях, состав используемой с этой целью информации, типичные методы обработки информации, систему оформления принятых решений, а также процессов их контроля и стимулирования выполнения.

### **Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы**

1. Перечислите основные методологические принципы исследования операций.
2. Укажите основное отличие задач, решаемых в рамках теории принятия решений, от задач, свойственных для исследования операций.
3. Назовите три любые аксиомы, которые в научной литературе относят к системе аксиом теории измерений.
4. Какими свойствами должны обладать критерии для того, чтобы соответствовать концепции SMART?
5. Какой тип шкалы используется для измерения количества объектов?
6. Дайте определение понятия «проблемная ситуация» и приведите несколько примеров из вашей жизни.
7. Что является целью моделирования проблемной ситуации?
8. Назовите три любых метода моделирования проблемной ситуации.
9. Какие бинарные отношения, приведенные в примере на с. 161, обладают свойствами иррефлексивности и асимметричности?
10. Перечислите ключевые составляющие математической модели многокритериальной ЗПР.
11. Как проявляет себя специфика задач принятия решений?
12. Чем определяется классификация задач принятия решений и методов принятия решений, соответствующих этим задачам?
13. Как связаны между собой классификация задач принятия решений и методов, используемых для их решения?
14. Назовите (дайте примеры) методы принятия решений, отвечающие тем или иным значениям основных параметров, описывающих их.
15. Охарактеризуйте абсолютную шкалу с точки зрения допустимых преобразований и типов используемой информации.
16. В чем заключаются основные отличия понятий «признак» и «показатель»?

### **Темы рефератов и докладов**

1. Методология исследования операций.
2. Особенности применения математической теории измерений в социальных науках.
3. Принципы и особенности задач динамического программирования.
4. Применение элементов теории нечетких множеств в теории измерений.
5. Особенности построения математической модели проблемной ситуации.

6. Классификация методов принятия решений — общая характеристика.
7. Параметры (признаки) классификации методов принятия решений.

## **Рекомендуемая литература**

### *Литература на русском языке*

1. Друкер, П. Ф. Менеджмент. Вызовы XXI века : пер. с англ. / П. Ф. Друкер. — М. : Манн, Иванов и Фербер, 2012. — 312 с. .
2. Исследование операций : в 2 т. / пер. с англ. И. М. Макарова, И. М. Бескровного ; под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. — М. : Мир, 1981.
3. Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005.
4. Моделирование систем. Подходы и методы : учеб. пособие / В. Н. Волкова [и др.] ; под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. — 568 с.
5. Ногин, В. Д. Принятие решений при многих критериях : учеб.-метод. пособие / В. Д. Ногин. — СПб. : ЮТАС, 2007. — 104 с.
6. Орлов, А. И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений : учебник / А. И. Орлов. — М. : КноРус, 2013. — 576 с.
7. Орлов, А. И. Теория принятия решений : учебник / А. И. Орлов. — М. : Экзамен, 2006. — 573 с.
8. Орлов, А. И. Эконометрика : учебник для вузов / А. И. Орлов. — М. : Экзамен, 2003. — 576 с.
9. Петровский, А. Б. Теория принятия решений : учебник для студентов вузов / А. Б. Петровский. — М. : Академия, 2009 — 400 с.
10. Фатхутдинов, Р. А. Управленческие решения : учебник / Р. А. Фатхутдинов. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2009. — 130 с.

### *Литература на иностранных языках*

*Gass, I. S. An Annotated Timeline of Operations Research / I. S. Gass, A. A. Assad. — An Informal History, Springer, 2005. — 224 p.*

### *Интернет-источники*

1. Верников, Б. М. Бинарные отношения [Электронный ресурс]. URL: <http://kadm.imkn.ufrj.br/files/alggeom02.pdf> (дата обращения: 04.08.2015 г.)
2. Кулинич, А. А. Методология когнитивного моделирования сложных плохо определенных ситуаций [Электронный ресурс]. URL: <http://www.raai.org/about/persons/kulinich/> (дата обращения: 04.08.2015).

# Глава 7

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

### 7.1. Математическая модель предпочтений в задачах принятия решений

Одной из главных составляющих задачи принятия решений является такое понятие, как предпочтене лица, принимающего решения.

#### **Определение**

|| *Предпочтением ЛПР* будем называть выраженное каким-либо образом его личное суждение о наличии или отсутствии преимущества одного из вариантов (альтернатив) выбора по отношению к другому варианту или ко всем остальным вариантам, либо в целом, либо по некоторым отдельным характеристикам<sup>1</sup>.

Субъективность предпочтений выражается в том, что у каждого ЛПР может быть своя система ценностей. Предпочтения могут быть описаны в явной форме или выявляться с помощью каких-либо правил или принципов, описанных с помощью логико-математических методов.

**Пример: субъективности предпочтений.** Директору некоторого предприятия необходимо выбрать подходящего кандидата на должность своего заместителя. Естественно, что выбор он будет делать исходя из своей собственной системы предпочтений. Для одного директора наиболее предпочтительными окажутся кандидаты, обладающие нестандартным мышлением, для другого — ответственные и исполнительные кандидаты, а для третьего — конформисты.

#### **Обратите внимание!**

---

Для решения ЗПР важно знать систему предпочтений ЛПР.

---

Таким образом, выявление наилучших вариантов из имеющегося набора для ЛПР производится на основе его представления о качестве этих вариантов. При этом представление о качестве этих вариантов характеризуется с помощью *принципа оптимальности*, математическим выражением которого является *функция выбора*<sup>2</sup>.

#### **Определение**

|| Обозначим через  $X$  множество альтернатив задачи, из которых необходимо выбрать наиболее предпочтительные для ЛПР.

---

<sup>1</sup> Петровский А. Б. Теория принятия решений : учебник для студентов вузов. М. : Академия, 2009. 400 с.

<sup>2</sup> Макаров И. М. Теория принятия решений : учеб. пособие / И. М. Макаров [и др]. М. : Наука, 1982. 328 с.

Обозначим через  $\tilde{X}$  множество наиболее предпочтительных вариантов для ЛПР, тогда  $\tilde{X}$  является подмножеством множества  $X$ :  $\tilde{X} \subset X$ .

Функцией выбора  $C$  называется правило, ставящее в соответствие множеству  $X$  его подмножество альтернатив  $\tilde{X}$ :  $C(X) = \tilde{X}$ .

Таким образом, принцип оптимальности задает понятие «наилучших» или наиболее предпочтительных для ЛПР альтернатив:

$$\tilde{X} = C(X).$$

При этом возможно  $C(X) = \emptyset$ , что интерпретируется как *отказ от выбора*. Примерами такого отказа могут быть ситуации, когда покупатель не приобретает никакого товара в магазине или из группы студентов никто не был выбран для участия в олимпиаде.

### Определение

|| Математической моделью предпочтений называется пара  $\langle X, C(X) \rangle$

Следует заметить, что не всякая функция, ставящая в соответствие некоторому множеству его подмножество, может интерпретироваться как функция выбора. Необходимо наложить некоторые ограничения на производимый выбор. При этом нельзя однозначно выделить список ограничений или свойств такой функции, так как принципы выбора зависят от конкретной задачи принятия решений. Например, если какое-либо предприятие оказалось среди лучших в рейтинге предприятий своей страны, но не попало в число лучших в своей отрасли, то такой рейтинг кажется странным и по меньшей мере необоснованным. При этом вполне возможно, что среди учеников школы, получивших лучшие результаты итоговых экзаменов, могут оказаться те, кто не является победителем или призером олимпиад.

В зависимости от особенностей конкретной задачи на функцию выбора накладываются определенные ограничения. Перечислим характеристические свойства, которым может удовлетворять функция выбора.

1. *Свойство наследования*: если  $Y \subseteq X$ , то  $C(X) \cap Y \subseteq C(Y)$ .

Это свойство можно проиллюстрировать следующим примером. Если  $X$  — множество студентов экономического факультета, а  $Y$  — студенты одной из групп этого факультета, то лучшие студенты экономического факультета, учащиеся в этой группе, будут среди лучших студентов этой группы.

2. *Свойство согласия*: если  $X = Y \cup Z$ , то  $C(Y) \cap C(Z) \subset C(X)$ .

Если, например,  $Z$  — множество девушек, учащихся на экономическом факультете, то девушки, оказавшиеся в списке лучших студентов группы  $Y$ , окажутся среди лучших студентов экономического факультета.

3. *Свойство отбраковки*: если  $C(X) \subseteq Y \subseteq C$ , то  $C(Y) = C(X)$ .

Для описанного выше примера это свойство означает, что исключение из числа участников конкурса студентов, не являющихся лучшими, не меняет состава лучших студентов факультета.

4. *Свойство строгого наследования*: если  $Y \subseteq X$ ,  $Y \cap C(X) \neq \emptyset$  или  $C(X) = \emptyset$ , то  $C(Y) = Y \cap C(X)$  для  $X, Y \neq \emptyset$ .

Для описанного примера это свойство означает, что только лучшие студенты факультета войдут в списки лучших студентов групп этого факультета. Это свойство накладывает более жесткие требования, чем свойство

наследования 1. Из выполнения свойства 4 следует выполнение свойства 1, однако из выполнения свойства 1 совсем не обязательно должно следовать соблюдение свойства 4.

### **Обратите внимание!**

Несмотря на то, что перечисленные свойства кажутся вполне естественными, существуют практически интересные задачи, функции выбора которых не удовлетворяют ни одному из них.

## 7.2. Бинарные отношения

Для обоснованного выбора наилучшего решения необходимо иметь информацию о предпочтениях ЛПР. Предпочтения в самом простом смысле — это возможность ЛПР сравнивать пары объектов между собой и выбирать из двух объектов тот, который для него более предпочтителен. Если операция сравнения вводится для пар элементов, то говорят, что эти два элемента находятся в бинарном отношении.

### **Определение**

Бинарным отношением  $Q$  на множестве  $X$  называется подмножество декартова произведения  $Q \subseteq X \times X$ .

Говорят, что элементы  $x, y \in X$  находятся в отношении  $Q$ , если  $\langle x, y \rangle \in Q$ , при этом пишут  $xQy$ .

### **Обратите внимание!**

Отношения вводятся на некотором заранее заданном множестве  $X$ , которое называется *множеством задания отношения*.

**Пример задания бинарного отношения.** Пусть множество задания отношения представляет собой множество вещественных чисел,  $X = \mathfrak{R}$ . Заддим бинарное отношение  $Q$  следующим образом: числа  $x, y \in \mathfrak{R}$  находятся в отношении  $Q$  ( $xQy$ ), если для них верно равенство  $x^2 + y^2 = 1$ . Тогда можно утверждать, что два произвольных числа  $x, y \in \mathfrak{R}$  находятся в отношении  $Q$ , если точка с координатами  $(x, y)$  лежит на окружности радиуса 1 с центром в начале координат.

**Пример построения бинарного отношения (\*):** рассмотрим учебную группу студентов четвертого курса. На множестве  $H$  величин, равных росту студентов, можно ввести, например, следующие отношения:  $Q_1 =$  «больше»,  $Q_2 =$  «равны»,  $Q_3 =$  «не больше». Тогда для двух студентов Петрова, имеющего рост  $h_1 = 180$  см, и Семенова, имеющего рост  $h_2 = 178$  см, можно записать:  $h_1Q_1h_2$  (Петров выше Семенова) и  $h_2Q_3h_1$  (Семенов не выше Петрова). При этом элементы  $h_1$  и  $h_2$  не находятся в отношении  $Q_2$ .

На множестве  $B$  величин, равных среднему баллу студентов, тоже можно ввести отношения:  $Q_1 =$  «больше»,  $Q_2 =$  «равны»,  $Q_3 =$  «не больше». Тогда, если средние баллы Петрова и Семенова составляют  $b_1 = 4,55$  и  $b_2 = 4,55$  соответственно, то можно записать:  $b_1Q_2b_2$  и  $b_1Q_3b_2$ .

Заметим, что утверждение «рост Петрова больше среднего балла Семенова» не имеет смысла. Кроме того, обозначив через  $G$  — множество студен-

тов группы, можно ввести отношения  $Q_4 =$  «родственники» или  $Q_5 =$  «средний балл больше». Тогда студенты Петров и Семенов будут находиться в отношении  $Q_4$ , если являются родственниками. Если средний балл Петрова равен 4,55, а Иванова — 4,3, то Петров и Иванов находятся в отношении Петров  $Q_5$  Иванов.

Рассмотрим некоторые основные свойства отношений.

1. *Полнота.* Говорят, что отношение  $Q$ , заданное на множестве  $X$ , является полным, если для любой пары элементов  $x, y \in X$  либо  $xQy$ , либо  $yQx$ .

2. *Симметричность.* Говорят, что отношение  $Q$ , заданное на множестве  $X$ , является симметричным, если для пары элементов  $x, y \in X$  из  $xQy$  следует  $yQx$  (из того, что  $x$  находится в отношении  $Q$  к  $y$  следует, что  $y$  находится в отношении  $Q$  к  $x$ ).

3. *Антисимметричность.* Говорят, что отношение  $Q$ , заданное на множестве  $X$ , является антисимметричным, если из того, что  $xQy$  и  $yQx$  следует, что  $x = y$ , т.е.  $x$  и  $y$  — это один и тот же элемент множества  $X$ .

4. *Рефлексивность.* Говорят, что отношение  $Q$ , заданное на множестве  $X$ , является рефлексивным, если  $xQx$  для всякого  $x \in X$ .

5. *Иррефлексивность (антирефлексивность).* Говорят, что отношение  $Q$ , заданное на множестве  $X$ , является иррефлексивным, если для всякого  $x \in X$  не выполнено  $xQx$ .

6. *Транзитивность.* Говорят, что отношение  $Q$ , заданное на множестве  $X$ , является транзитивным, если из того, что  $xQy$  и  $yQz$ , следует  $xQz$ .

7. *Ацикличность.* Говорят, что отношение  $Q$ , заданное на множестве  $X$ , является ацикличным, если для любых элементов  $x, y, z_1, z_2, \dots, z_n \in X$ , где  $n$  — произвольное натуральное число, для которых  $xQz_1, z_1Qz_2, \dots, z_nQy$ , верно, что  $x \neq y$ .

В примере (\*) отношение  $Q_1$  обладает свойствами транзитивности и ацикличности, отношение  $Q_2$  обладает свойствами симметричности, рефлексивности и транзитивности,  $Q_3$  — свойствами полноты, антисимметричности, рефлексивности и транзитивности.

Заметим, что отношения  $Q_1$  и  $Q_2$ , заданные на множестве средних баллов студентов в примере (\*), принципиально отличаются тем, что первое отношение позволяет упорядочить студентов по среднему баллу, а второе разбивает студентов на некоторые классы успеваемости. Таким образом, имеем два вида отношений: эквивалентности и порядка. Остановимся более подробно на каждом из них.

### Определение

|| Рефлексивное симметричное и транзитивное отношение  $Q$  на множестве  $X$  называется отношением эквивалентности (безразличия). Для такого отношения вводят специальное обозначение  $x \sim y, x, y \in X$ .

Примерами отношения эквивалентности являются отношения равенства или нестрогого неравенства, заданные на множестве вещественных чисел  $\mathbb{R}$ .

Отношение эквивалентности делит множество задания отношения на непересекающиеся классы, называемые *классами (множествами) эквивалентности*. Тогда классом эквивалентности для элемента  $x \in X$  будет множество

$$I_x = \{y: x \sim y, y \in X\}.$$

**Пример отношения эквивалентности.** Пусть на множестве целых чисел  $Z$  задано отношение равенства по модулю 2: говорят, что числа  $x, y \in Z$  сравнимы между собой по модулю 2, и пишут  $x \equiv y \pmod{2}$ , если их разность  $(x - y)$  делится нацело на 2, т.е.  $(x - y):2 \in Z$ . Данное отношение является рефлексивным симметричным и транзитивным, а значит, является отношением эквивалентности. Кроме того, оно разбивает множество целых чисел  $Z$  на два класса эквивалентности — множество четных и множество нечетных целых чисел.

**Пример классов эквивалентности.** Для группы студентов, описанной в примере (\*), введем отношение  $Q_6$  = «одинаковый средний балл», которое является отношением эквивалентности. Тогда студент Семенов входит в множество эквивалентности студента Петрова и наоборот. При этом студенты Петров и Иванов не находятся в отношении  $Q_6$ . В данном случае студенты группы будут разбиты на классы эквивалентности, в каждом из которых будут студенты, имеющие одинаковый средний балл.

#### **«Определение»**

|| Полное, рефлексивное антисимметричное и транзитивное отношение  $Q$  на множестве  $X$  называется *отношением (слабого) предпочтения*, обозначается  $x \geq y, x, y \in X$ . При этом говорят, что  $x$  не хуже, чем (не менее предпочтительнее, чем)  $y$ .

Примером отношения слабого предпочтения может быть отношение частичного порядка  $\geq$  (или  $\leq$ ), заданное на множестве вещественных чисел.

#### **«Определение»**

|| Иррефлексивное и транзитивное отношение  $Q$  на множестве  $X$  называется *отношением строгого предпочтения* или *отношением порядка*, обозначается  $x > y, x, y \in X$ . При этом говорят, что  $x$  лучше (предпочтительнее)  $y$ .

Отношение строгого предпочтения можно задать с помощью отношения слабого предпочтения следующим образом

$$x > y \Rightarrow x \geq y, y \not\geq x.$$

#### **«Обратите внимание!»**

Отношение строгого предпочтения не является и полным.

Примером отношения строгого предпочтения может быть отношение порядка  $>$  (или  $<$ ), заданное на множестве вещественных чисел.

**Пример отношений «меньше», «больше».** В магазине продается три набора конфет: «Сладкие ночи» за 200 руб., «Золотые зубы» за 450 руб. и «Шоколадные грезы» за 600 руб. Пенсионерка Мария Петровна хочет выбрать для себя самые дешевые конфеты, а частный предприниматель Оксана Николаевна — самые дорогие. Тогда для Марии Петровны отношения предпочтения будут иметь следующий вид:  $200 > 450, 450 > 600$ . Для Оксаны Николаевны отношение предпочтения будут следующими:  $600 > 450, 450 > 200$ . Таким образом, для пенсионерки отношение предпочтения есть отношение порядка «меньше» ( $<$ ), а для второй покупательницы — «больше» ( $>$ ).

Отношение слабого предпочтения, заданное на множестве  $X$ , порождает отношение эквивалентности на  $X$  следующим образом:

$$x \sim y \Rightarrow x \geq y, y \geq x.$$

С помощью отношений предпочтения и безразличия, заданных на одном и том же множестве  $X$ , можно построить предпочтительное и неpreferred множества элемента  $x \in X$ .

### Определение

Предположим, что на некотором множестве  $X$  заданы отношение  $\geq$  или отношения  $>$  и  $\sim$ . *Предпочтительным* множеством элемента  $x \in X$  называется множество, состоящее из наборов элементов, которые более предпочтительны или безразличны заданному элементу  $x$ :

$$\Gamma_x^+ = \{y \in X : y \geq x\} \text{ или } \bar{\Gamma}_x^- = \{y \in X : y > x \vee y \sim x\},$$

где знак  $\vee$  означает логическое ИЛИ.

*Непредпочтительным* множеством элемента  $x \in X$  называется множество, состоящее из наборов элементов, которые менее предпочтительны или безразличны заданному элементу  $x$ :

$$\Gamma_x^- = \{y \in X : x \geq y\} \text{ или } \bar{\Gamma}_x^+ = \{y \in X : x > y \vee x \sim y\}.$$

**Пример графического представления отношения на множестве.** Предположим, что множество задания отношения представляет собой квадрат со стороной, равной 1:  $X = [0, 1] \times [0, 1]$ . Отношения предпочтения и эквивалентности на  $X$  заданы следующим образом: для  $\bar{x} = (x_1, x_2), \bar{y} = (y_1, y_2) \in X$  верно  $\bar{x} \geq \bar{y}$  тогда и только тогда, когда  $x_1^2 + x_2^2 \geq y_1^2 + y_2^2$ , и  $\bar{x} \sim \bar{y}$  тогда и только тогда, когда  $x_1^2 + x_2^2 = y_1^2 + y_2^2$ . Тогда для элемента  $\bar{x} = \left(\frac{1}{2}; \frac{1}{2}\right)$  предпочтительным множеством  $\Gamma_{\bar{x}}^+$  будет заштрихованная область, представленная на рис. 7.1, включая часть окружности с радиусом  $1/\sqrt{2}$ , на которой и находится точка  $\bar{x}$ , а неpreferred множеством  $\Gamma_{\bar{x}}^-$  будет оставшаяся незаштрихованная область, включая часть окружности с точкой  $\bar{x}$ .

Использование бинарных отношений является удобным способом выявления предпочтений ЛПР в решаемой ЗПР, поскольку позволяет использовать такие понятия, как «хуже», «лучше», «не хуже», «одинаковые» и др. для сравнения имеющихся альтернатив. При этом выявление предпо-

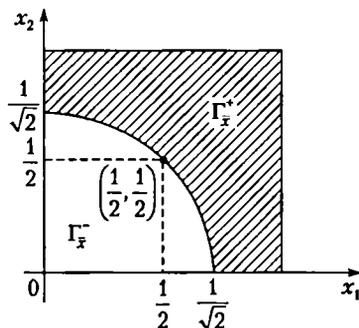


Рис. 7.1. Предпочтительное и неpreferred множества

чений ЛПР с помощью бинарных отношений обладает следующими характеристиками:

- каждая альтернатива рассматривается в парах с другими, а не сама по себе;
- результат сравнения каждой пары альтернатив не зависит от того, имеются ли еще какие-либо альтернативы;
- каждую пару альтернатив можно сравнить по какому-либо отношению или назвать несравнимыми.

Недостатками метода бинарных отношений можно назвать его трудоемкость: для попарного сравнения  $n$  альтернатив требуется  $n(n - 1)/2$  операций, а также невозможность анализа отдельно взятой альтернативы без сравнения ее с другими. Кроме того, не всякое отношение предпочтения может проявлять свойство ацикличности. Так, в детской игре «камень, ножницы, бумага» известно, что камень лучше ножниц, ножницы лучше бумаги, а бумага лучше камня, и выбрать наилучшую из трех альтернатив уже невозможно.

Другим важным аспектом является то, что понятия безразличия для ЛПР и безразличия (эквивалентности) с точки зрения бинарных отношений могут не являться одинаковыми. Во многих практических ситуациях безразличие с точки зрения ЛПР не обладает свойством транзитивности. Например, для кого-то может оказаться безразличным выбор между минеральной водой и чаем, а также между чаем и кофе, но при этом выбор между кофе и минеральной водой всегда будет сделан в пользу одного конкретного напитка (скажем, кофе).

### 7.3. Функция полезности

Множество задания бинарного отношения предпочтения  $X$  может иметь довольно сложную структуру, и поэтому сравнение между собой его элементов тоже может оказаться сложной задачей. Однако во многих случаях можно каждому элементу  $x \in X$  сопоставить некоторую числовую характеристику, обозначающую его «полезность».

#### Определение

Пусть на множестве  $X$  задано отношение предпочтения ( $\succsim$ ). *Функцией полезности* называется функция  $u: X \rightarrow \mathfrak{R}$ , заданная на  $X$  таким образом, что для произвольных элементов  $x, y \in X$  верны следующие соотношения:  $x$  предпочтительнее  $y$  ( $x \succsim y$ ) тогда и только тогда, когда  $u(x) \geq u(y)$ .

При этом говорят, что *функция полезности  $u$  порождает* отношение предпочтения на  $X$  и часто пишут  $x \succsim_u y$ .

Поскольку множество вещественных чисел  $\mathfrak{R}$  упорядочено, то сравнение числовых характеристик объектов позволит сравнивать и сами эти объекты. Так, например, в соревнованиях по прыжкам в длину полезность прыжка определяется его дальностью.

**Пример определения значения функции полезности.** Предположим, что необходимо принять решение о том, кто из студентов учебной группы, описанной в примере (\*), примет участие в олимпиаде по математике. Введем функцию полезности  $u$ , ставящую каждому студенту в соответствие его

средний балл, полученный по математическим предметам за все годы обучения. Такая функция порождает отношение предпочтения на множестве студентов  $G$  следующим образом: студент  $g_1$  предпочтительнее студента  $g_2$ , если балл студента  $g_1$  выше балла студента  $g_2$ . Предположим, что средний балл Иванова 3,8, Петрова — 5, Семенова — 5. Тогда Петров будет более предпочтителен для участия в олимпиаде, чем Иванов. При этом по данному критерию безразлично кого выбирать — Петрова или Семенова. Для выбора среди этих студентов нужен другой критерий.

Если существует хотя бы одна функция полезности, то таких функций существует бесконечное множество, поскольку композиция  $u$  с любой возрастающей функцией  $g$ , определенной на множестве значений функции  $u$ , т.е.  $g(u(x))$ , также будет функцией полезности, порождающей то же самое отношение предпочтения на  $X$ . При этом некоторые функции могут быть более удобны с точки зрения своих свойств, например, могут быть линейными, дифференцируемыми или обладать другими подходящими свойствами.

Следует заметить, что понятие полезности применимо не к любым бинарным отношениям. Такую функцию нельзя построить для бинарных отношений, не являющихся ациклическими, таких как отношение  $Q_3$  = «родственники», описанное в примере (\*). Кроме того, если понятие безразличия для ЛПР, как упоминалось в предыдущем параграфе, не обладает свойством транзитивности, то в таких случаях тоже нельзя построить функцию полезности.

#### 7.4. Способы задания функций выбора

Формализацией определения предпочтений ЛПР является задание функции выбора, определение и свойства которой были представлены в параграфе 7.1. Функция выбора  $C$  может быть задана или непосредственно ЛПР, или с помощью некоторого решающего правила.

Во многих задачах ЛПР может непосредственно описать свой выбор наилучших вариантов из некоторого имеющегося поднабора альтернатив.

**Пример способа задания функции выбора.** Выбирая в магазине какой-либо товар, например, сок, некоторый покупатель может выделить для себя двух наилучших производителей отечественных соков, наилучшего производителя импортных соков и из соков определенного вида, скажем яблочных, тот, который ему нравится больше всех.

В данной ситуации задача решена локально, и ЗПР в данном случае состоит в глобальном выборе наилучших из общего множества альтернатив.

Другим способом задания функции выбора является применение какого-либо решающего правила.

##### Определение

|| Решающим правилом называется критерий (или стратегия), позволяющий ЛПР разбить множество альтернатив  $X$  на два непересекающихся подмножества: «хороших» и «плохих» альтернатив.

В результате применения некоторого решающего правила множество альтернатив  $X$  разбивается на два непересекающихся подмножества  $X = \bar{X} \cup X_1$ , где  $\bar{X} = C(X)$  — множество «хороших», а  $X_1$  — множество «пло-

них» (не подходящих) с точки зрения ЛПР альтернатив. Иначе говоря, решающее правило строит функцию выбора  $C$  следующим образом:

$$X = C(X) \cup X_1,$$

где  $X_1 = X/C(X)$ .

Выбор соответствующего правила зависит от поставленной задачи, а также свойств множеств альтернатив и результатов.

Рассмотрим несколько подходов к построению функций выбора, отвечающих различным решающим правилам.

1. *Скалярная оптимизация.* Выбор наиболее предпочтительных альтернатив осуществляется по скалярному критерию качества альтернативы, заданному с помощью целевой функции  $f: X \rightarrow \mathfrak{R}$ . Тогда подмножество «лучших» альтернатив  $C(X)$  будет содержать те элементы  $x \in X$ , на которых критерий качества достигает своего оптимума — максимума или минимума:

$$C(X) = \{x' \in X \mid f(x') = \max_{x \in X} f(x)\} \text{ или } C(X) = \{x' \in X \mid f(x') = \min_{x \in X} f(x)\}.$$

Другим случаем выбора наиболее предпочтительных вариантов является задание некоторого порогового значения  $c^*$  для целевой функции:

$$C(X) = \{x \in X \mid f(x) \geq c^*\} \text{ или } C(X) = \{x \in X \mid f(x) \leq c^*\}.$$

2. *Условно-экстремальная оптимизация.* В данном случае задается целевая функция  $f: X \rightarrow \mathfrak{R}$  и набор функций  $f_1, f_2, \dots, f_n: X \rightarrow \mathfrak{R}$ . Выбор осуществляется методами математического программирования. Наиболее предпочтительными будут те элементы  $x' \in X$ , на которых целевая функция  $f(x)$  достигает своего оптимума — максимума или минимума:

$$f(x') = \max_{x \in X} f(x) \text{ или } f(x') = \min_{x \in X} f(x),$$

при условии выполнения дополнительных функциональных ограничений  $f_i(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, n$ :

$$C(X) = \{x' \in X \mid f(x') = \max_{x \in X} f(x), f_i(x') \leq 0, i = 1, 2, \dots, n\}$$

или

$$C(X) = \{x' \in X \mid f(x') = \min_{x \in X} f(x), f_i(x') \leq 0, i = 1, 2, \dots, n\}.$$

3. *Доминирование, определенное заданным бинарным отношением  $R$ .* В данном случае выбираются альтернативы, которые предпочтительнее всех остальных альтернатив множества  $X$  по отношению строгого или нестрогого предпочтения  $R$ :

$$C(X) = \{x \in X \mid \text{для всех } y \in X : xRy\}.$$

4. *Принцип ограничений,* определяемый бинарным отношением  $R$  и заданным подмножеством альтернатив  $\tilde{A} \subset A$ . В данном случае выбираются альтернативы, которые предпочтительнее всех альтернатив из некоторого заданного подмножества альтернатив  $\tilde{A} \subset A$  по отношению строгого или нестрогого предпочтения:

$$C(X) = \{x \in X \mid \text{для всех } a \in \tilde{A} : xRa\},$$

где  $R$  — некоторое, заданное отношение предпочтения.

**Обратите внимание!**

В качестве целевой функции при использовании метода скалярной оптимизации построения решающего правила может выступать функция полезности  $u$ . Тогда решающее правило может быть построено следующим образом

$$C(X) = \{x' \in X \mid u(x') = \max_{x \in X} u(x)\}.$$

И поскольку функция полезности задает бинарное отношение на множестве альтернатив, то это же правило приводит к построению доминирования, определенного заданным бинарным отношением. Таким образом, в этом случае эти два принципа построения решающего правила являются эквивалентными.

Приведенный перечень решающих правил является далеко не полным. Выбор подходящего правила обуславливается конкретной задачей.

### 7.5. Описание математической модели предпочтений в условиях вероятностной неопределенности

До сих пор мы считали, что состояние среды является неизменным. Если же это не так, то задача построения предпочтений становится более сложной. Рассмотрим такие случаи более подробно.

Обозначим через  $R$  — множество всех возможных результатов, полученных при принятии решения,  $X$  — множество всевозможных альтернатив задачи,  $S$  — множество всевозможных состояний среды. Будем предполагать, что каждый получаемый в ЗПР результат  $r \in R$ , зависит как от выбираемой ЛПР альтернативы  $x \in X$  из множества всевозможных альтернатив  $X$ , так и от состояния среды  $s \in S$ , которое является случайным элементом.

Тогда *функцией выбора* будет называться отображение

$$F: S \times X \rightarrow R,$$

ставящее в соответствие определенный результат каждой альтернативе и случайному состоянию среды.

**Обратите внимание!**

Поскольку каждый результат  $r \in R$  зависит также и от случайного состояния среды, этот результат сам является некоторым случайным элементом.

В данном случае по полученному результату нельзя однозначно сказать, выбор какой из альтернатив является наилучшим, поскольку на результат влияет также и случайная компонента, которую нельзя полностью контролировать.

Для того чтобы строго описать возникшие случайности, необходимо задать вероятностные структуры на множествах  $S$  и  $R^1$ .

Зададим вероятностную структуру на множестве возможных состояний среды  $S$  следующим образом. Событием или случайным событием  $A$  множества  $S$  называется любое его подмножество  $A \subset S$ . Зададим множество  $\mathfrak{F}$  —

<sup>1</sup> Познакомиться с основными понятиями теории вероятностей можно, например, в книгах: Боровков А. А. Теория вероятностей. М. : УРСС, 1999. 470 с.; Кремер Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов. М. : Юнити-Дана, 2001. 543 с.

$\sigma$ -алгебру событий, т.е. множество случайных событий с системой, замкнутой относительно взятия дополнения, счетных объединений и пересечений. В этом случае говорят, что множество  $S$  наделено структурой измеримого пространства:  $(S, \mathfrak{F})$ . На событиях из  $\sigma$ -алгебры  $\mathfrak{F}$  зададим вероятность (вероятностную меру)  $P$ , т.е. сопоставим каждому событию  $A$ , принадлежащему  $\sigma$ -алгебре  $\mathfrak{F}$ , некоторое число  $P(A)$ , являющееся вероятностью этого события. Тогда получим классическую «вероятностную тройку»

$$(S, \mathfrak{F}, P).$$

Наделим также множество результатов структурой измеримого пространства  $(R, B)$ , т.е. зададим на нем  $\sigma$ -алгебру случайных событий  $B$ . Тогда для каждой альтернативы  $x \in X$  измеримое относительно  $\sigma$ -алгебр  $(\mathfrak{F}, B)$  отображение  $F_x = \bar{F}(x): S \rightarrow R$ , где  $\bar{F}$  — заданная выше функция выбора, образует случайный элемент множества результатов  $R$ . При этом вероятностное распределение  $P_x$  на  $(R, B)$  для случайного события  $B \in B$  будет задаваться следующим образом

$$P_x(B) = P(F_x^{-1}(B)).$$

### **Обратите внимание!**

Для всякого случайного события  $B \in B$  множество  $F_x^{-1}(B)$  является случайным событием пространства  $(S, \mathfrak{F})$ , т.е.  $F_x^{-1}(B) \in \mathfrak{F}$ .

Данный результат подтверждает возможность определения вероятности  $P(F_x^{-1}(B))$ .

Таким образом, каждое решение или каждая выбранная ЛПР альтернатива приводит к некоторому вероятностному распределению, и задача выбора наилучшего решения сводится к задаче выбора наилучшего распределения в классе  $\{P_x, x \in X\}$ . Так как описанное распределение порождает некоторую случайную величину  $\xi_x$ , возникает задача сравнения вероятностных распределений (или случайных величин), отвечающих различным альтернативам.

Распределение случайной величины полностью определяется ее функцией распределения  $F_x(t) = P\{\xi_x < t\}$ , заданной на множестве вещественных чисел ( $t \in \mathfrak{R}$ ). Обозначим через  $\Psi$  совокупность всевозможных вещественных функций распределения, порождаемых заданной ЗПР:

$$\Psi = \{F_x, x \in X\}. \tag{7.1}$$

Таким образом, система предпочтений ЛПР в случае ЗПР в условиях вероятностной неопределенности будет строиться на множестве  $\Psi$ .

## **7.6. Построение бинарных отношений предпочтения на множестве вероятностных распределений**

Для ЗПР в условиях вероятностной неопределенности множеством задания бинарных отношений предпочтения является множество всевозможных вещественных функций распределения  $\Psi$  (см. (7.1)), описанное в параграфе 7.5.

**Определение**

Для функций распределения  $F, G \in \Psi$  говорят, что  $F$  доминирует  $G$  ( $F \geq_1 G$ ) по отношению стохастического доминирования первого рода (или первого порядка), если

$$F(t) \leq G(t), \forall t \in \mathfrak{R}, \quad (7.2)$$

причем хотя бы для одного значения  $t \in \mathfrak{R}$  это неравенство является строгим.

Это означает, что график функции распределения  $F(t)$  располагается правее графика функции  $G(t)$  (рис. 7.2).

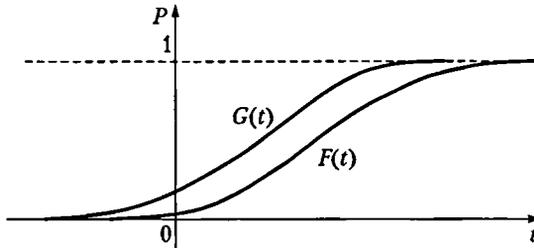


Рис. 7.2. Стохастическое доминирование первого рода

**Обратите внимание!**

Если  $F(t)$  — функция распределения случайной величины  $\xi$ , а  $G(t)$  — функция распределения случайной величины  $\eta$ , то по определению  $F(t) = P\{\xi < t\} = P\{\xi \in (-\infty, t)\}$  и  $G(t) = P\{\eta < t\} = P\{\eta \in (-\infty, t)\}$ . Тогда соотношение  $F(t) \leq G(t), \forall t \in \mathfrak{R}$  означает, что вероятность того, что значения  $\xi$  принадлежат интервалу  $(-\infty, t)$ , не превосходит вероятность того, что значения  $\eta$  принадлежат тому же интервалу.

**Пример стохастического доминирования.** Обозначим  $F_\xi$  — функцию распределения случайной величины  $\xi$ . Пусть  $a > 0$  — некоторая константа. Тогда  $F_{\xi+a}$  стохастически доминирует  $F_\xi - F_{\xi+a} \geq_1 F_\xi$  (рис. 7.3). Например, если  $\xi$  — это величина прибыли, полученная некоторым магазином в течение месяца, то, увеличив прибыль на заданное неслучайное число условных единиц, получим, что вероятность того, что величина прибыли  $\xi + a$  меньше любого заданного значения  $t$  не превышает вероятность того, что величина  $\xi$  меньше этого значения  $t$ . Иначе говоря, чем больше прибыль, тем с меньшей вероятностью она принимает малые значения.

**Пример стохастического доминирования,** если  $F_\lambda(x) = 1 - \exp(-\lambda, x)$  — экспоненциальная функция распределения с параметром  $\lambda > 0$ , то  $F_{\lambda_2} \geq_1 F_{\lambda_1}$  при  $\lambda_1 > \lambda_2$  (рис. 7.4).

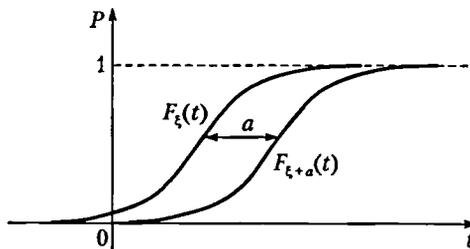


Рис. 7.3. Пример стохастического доминирования

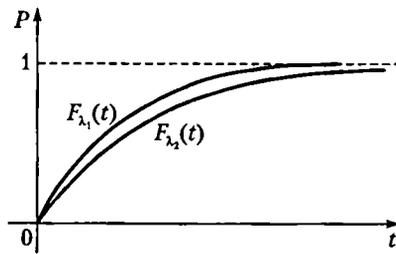


Рис. 7.4. Стохастическое доминирование, если функции распределения изменяются по экспоненте

Если функции распределения пересекаются (рис. 7.5), то нельзя утверждать, что одна из функций доминирует другую по отношению стохастического доминирования первого порядка.

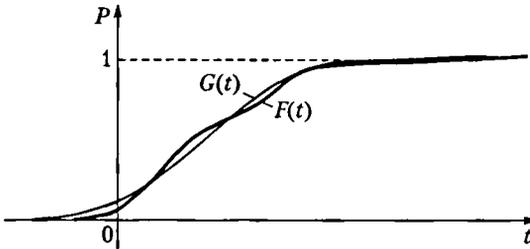


Рис. 7.5. Нарушение свойства стохастического доминирования первого рода

В этом случае можно рассмотреть так называемую накопленную функцию распределения, т.е. можно сравнивать площади под функциями распределения.

**Определение**

Для функций распределения  $F, G \in \Psi$  говорят, что  $F$  доминирует  $G$  ( $F \geq_{II} G$ ) по отношению стохастического доминирования второго рода (или второго порядка), если

$$\int_{-\infty}^t F(s)ds \leq \int_{-\infty}^t G(s)ds, t \in \mathbb{R}.$$

Заметим, что стохастическое доминирование первого порядка влечет за собой стохастическое доминирование второго порядка, т.е. является более сильным свойством.

**Обратите внимание!**

Отношения стохастического доминирования не обладают свойством полноты.

### 7.7. Построение функций полезности в условиях вероятностной неопределенности

Поскольку каждое вероятностное распределение порождает некоторую случайную величину, то можно говорить, что каждая альтернатива  $x$ , выбираемая ЛПР, порождает случайную величину  $\xi_x$ . Таким образом, можно

сравнивать не только сами распределения, но и порождаемые ими случайные величины. Отношение предпочтения на множестве случайных величин можно построить с помощью функций полезности или функций риска. Понятие функции полезности для задачи принятия решений в условиях определенности было введено в параграфе 7.3. В случае задачи принятия решений в условиях неопределенности необходимо модифицировать данное понятие.

### Определение

*Полезностью*  $U(\xi)$  случайной величины  $\xi$  будем называть математическое ожидание величины  $u(\xi)$ :

$$U(\xi) = Eu(\xi),$$

если такое математическое ожидание существует. При этом  $u$  — есть некоторая неубывающая функция. Сама функция  $U$ , ставящая в соответствие каждой случайной величине ее математическое ожидание, называется *функцией полезности*.

**Замечание.** Иногда на функцию  $u$  накладывают более жесткие ограничения, например, свойство вогнутости<sup>1</sup>.

Функция полезности порождает отношения предпочтения на множестве функций распределения  $\Psi$  следующим образом

$$\xi \succeq_u \zeta \Leftrightarrow U(\xi) \geq U(\zeta),$$

т.е. случайная величина  $\xi$  не менее предпочтительна, чем в том и только в том случае, если  $U(\xi) \geq U(\zeta)$ .

**Пример функции полезности.** Рассмотрим функцию  $u(t) = 1 - \exp(-2t)$ ,  $t \geq 0$ . Тогда для случайной величины  $\xi$ , имеющей равномерное распределение на отрезке  $[0, 1]$ , полезностью будет число

$$U(\xi) = \int_0^1 (1 - \exp(-2x)) dx = 0,5 + 0,5 \cdot \exp(-2).$$

### Обратите внимание!

Поскольку функция полезности определена для каждой альтернативы  $x \in X$ , она является функцией от  $x$ .

$$U(x) = U(\xi_x).$$

Заметим, что отношения стохастического доминирования тоже можно задать с помощью функций полезности. Пусть  $F(t)$  и  $G(t)$  — функции распределения случайных величин  $\xi_x$  и  $\xi_{\tilde{x}}$  соответственно, где  $x, \tilde{x} \in X$ . Можно доказать<sup>2</sup>, что если существуют математические ожидания  $U(x)$  и  $U(\tilde{x})$  для всех неубывающих функций  $u$ , то:

<sup>1</sup> Свойство вогнутости часто называют свойством выпуклости вверх. Говорят, что функция  $u$  обладает свойством вогнутости, если для всяких  $x$  и  $y$ , принадлежащих области определения функции  $u$ , и  $\alpha \in (0, 1)$  верно следующее неравенство  $u(\alpha x + (1 - \alpha)y) \geq \alpha u(x) + (1 - \alpha)u(y)$ .

<sup>2</sup> Fishburn P. C. Convex stochastic dominance with continuous distribution functions // J. Econ. Theory. 1974. V. 6. P. 143–158.

$G \leq_1 F$  тогда и только тогда, когда  $U(G) \leq U(F)$  для всех возрастающих функций  $u$ ;

$G \leq_{II} F$  тогда и только тогда, когда  $U(G) \leq U(F)$  для всех неубывающих строго вогнутых функций  $u$ .

## 7.8. Построение функций риска в ЗП в условиях вероятностной неопределенности

Важную роль при сравнении случайных величин играет понятие риска.

### Определение

Риском  $R(\xi)$  случайной величины  $\xi$  называется ее отклонение от ожидаемого значения

$$R(\xi) = \xi - M(\xi).$$

### Обратите внимание!

Риск случайной величины тоже является случайной величиной.

В качестве ожидаемого значения случайной величины могут быть выбраны следующие значения:

- 1) некоторая наперед заданная константа:  $M = \text{const}$ ;
- 2) математическое ожидание  $\xi$ :  $M = E(\xi)$ ;
- 3) медиана  $\xi$ :  $M = \text{med}(\xi)$ <sup>1</sup>.

### Определение

Мерой или функцией риска  $\mu: \Psi \rightarrow \mathfrak{R}$  называется математическое ожидание величины  $g(R(\xi))$ :

$$\mu(\xi) = E\{g(R(\xi))\},$$

где  $g(x)$  — некоторая функция, называемая функцией потерь.

К функции потерь  $g(x)$  предъявляется ряд требований:

- функция потерь от нуля равна нулю:  $g(0) = 0$ ;
- непрерывна;
- выпукла вниз.

Заметим, что выполнение всех требований не является обязательным, однако, оно желательно. В качестве примеров часто используемых функций потерь можно привести следующие:

- 1) равномерная:  $g(x) = |x|$ ;
- 2) степенная:  $g(x) = |x|^q, 1 \leq q < \infty$ ;
- 3) «с плоским дном»:  $g(x) = \begin{cases} |x - b|^q, & x \geq b, \\ 0, & -b < x < b, \\ |-x - b|^q, & x \leq -b, \end{cases}$

т.е. в данном случае предполагается, что в некоторой окрестности  $[-b, b]$  от ожидаемого значения риск равен нулю.

Существуют и другие виды функций потерь. Выбор конкретного вида функции обусловлен решаемой задачей.

<sup>1</sup> Медианой случайной величины  $\xi$  называется квантиль уровня  $1/2$  ее функции распределения, т.е. такое число  $\text{med}(\xi)$ , что  $F_i(\text{med}(\xi)) = 1/2$ .

Важным частным случаем меры риска является *дисперсия*, вычисляющая квадрат среднего отклонения от среднего значения случайной величины:

$$\mu(\xi) = D(\xi) = E\{(\xi - E(\xi))^2\}.$$

Такая мера получается при ожидаемом значении  $M = E(\xi)$  и степенной функции потерь  $g(x) = x^2$ .

**Обратите внимание!**

Также как и функция полезности, мера риска является функцией от  $x$ :

$$\mu(x) = \mu(\xi_x).$$

**Пример определения значения функции риска.** Рассмотрим случайную величину  $\eta$  дискретного типа такую, что  $P\{\eta = -1\} = 0,3$ ,  $P\{\eta = 0\} = 0,3$ ,  $P\{\eta = 1\} = 0,4$ . Возьмем в качестве ожидаемого значения среднее значение случайной величины  $M = E\{\eta\} = -0,3 + 0,4 = 0,1$ , а в качестве функции потерь квадратичную функцию, тогда мера риска будет представлять собой дисперсию случайной величины  $\eta$  и будет равна

$$\mu_1(\eta) = D(\eta) = 0,69.$$

Если в качестве ожидаемого значения взять  $M = 0$ , а в качестве функции потерь равномерную функцию, то мера риска будет равна

$$\mu_2(\eta) = E\{|\eta|\} = 0,7.$$

Также как и функция полезности, мера риска порождает отношения предпочтения на множестве функций распределения  $\Psi$  следующим образом:

$$\xi \succcurlyeq_{\mu} \zeta \Leftrightarrow \mu(\xi) \leq \mu(\zeta),$$

т.е. случайная величина  $\xi$  не менее предпочтительна, чем  $\zeta$  в том и только в том случае, если  $\mu(\xi) \leq \mu(\zeta)$ .

**Пример:** пусть случайная величина  $\xi$  принимает значения  $-1$  и  $1$  с вероятностями  $0,5$ , а случайная величина  $\zeta$  — значения  $-5$  и  $5$  с вероятностями  $0,5$ . Тогда если в качестве меры риска выбрать дисперсию, то получим  $\xi \succcurlyeq_{\mu} \eta$ , поскольку  $\mu(\xi) = D(\xi) = 1$ ,  $\mu(\eta) = D(\eta) = 25$ .

### 7.9. Решающие правила в ЗПР в условиях вероятностной неопределенности

Задачу принятия решений в условиях неопределенности можно рассматривать как игру против природы. Поэтому и выбор решающего правила можно рассматривать как стратегию, которую выбирает ЛПР в этой игре. При этом выбрать стратегию, которая бы приводила к минимальному ущербу или максимальному выигрышу в независимости от того, каким окажется состояние природы, невозможно. Одним из способов решения этой проблемы является выбор такого правила, которое бы позволяло определить, насколько стратегия хороша «в среднем». Ранее были определены такие понятия, как мера риска и полезность, которые и дают такие оценки. На их основе и определим следующие решающие правила, позволяющие ЛПР найти наилучшие альтернативы.

1. *Экстремальная оптимизация по мере риска.* Согласно этому правилу наилучшими считаются альтернативы  $x^* \in X$ , для которых при некоторых заранее определенных ожидаемого значения  $M$  и функции потерь  $g$  мера риска минимальна

$$\mu(x^*) = \min_{x \in X} \mu(x).$$

Можно также задать некоторое пороговое значение риска  $c^* \in \mathfrak{R}$  и считать наилучшими такие альтернативы, для которых выполнено условие

$$\mu(x) \leq c^*.$$

2. *Экстремальная оптимизация по полезности.* В данном случае наилучшими считаются альтернативы, для которых некоторая заранее заданная функция полезности  $U$  достигает своего максимума

$$U(x^*) = \max_{x \in X} U(x)$$

или превосходит некоторое заранее заданное пороговое значение  $c^* \in \mathfrak{R}$ :

$$U(x) \leq c^*.$$

### 7.10. Пример ЗПР в условиях вероятностной неопределенности

В качестве примера задачи принятия решений в условиях вероятностной неопределенности рассмотрим задачу построения оптимального инвестиционного портфеля.

Пусть имеется  $n$  ценных бумаг, характеризуемых своими доходностями. Доходность  $i$ -й ценной бумаги при вложении в него единичного капитала описывается случайной величиной  $\xi_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Доходности отдельных ценных бумаг в общем случае не являются независимыми случайными величинами. Таким образом, имеется случайный вектор  $\bar{\xi} = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ , характеристики которого определяются состоянием финансового рынка. Каждая конкретная его реализация, т.е. получаемый набор доходностей, и есть реализация состояния окружающей среды.

В данные бумаги инвестируется единица капитала так, что  $y_i$  — его доля, инвестируемая в  $i$ -й вид ценной бумаги. *Инвестиционным портфелем*  $\bar{y}$  называется набор чисел  $y_1, y_2, \dots, y_n$ , удовлетворяющий условию  $y_1 + y_2 + \dots + y_n = 1$ . Заметим, что некоторые  $y_i$  могут быть нулевыми, что означает, что капитал в данную ценную бумагу не инвестируется, или отрицательными, что означает продажу ценной бумаги без покрытия.

*Задача принятия решений в данном случае состоит в том, чтобы построить инвестиционный портфель, т.е. определить, каким образом следует распределить единицу капитала между ценными бумагами.* Альтернативами при этом будут конкретные значения портфеля, т.е. конкретные наборы вкладываемых капиталов в имеющиеся ценные бумаги.

Результатом принятия решения по формированию инвестиционного портфеля будет его *доходность* — случайная величина

$$Y = y_1 \cdot \xi_1 + y_2 \cdot \xi_2 + \dots + y_n \cdot \xi_n.$$

Для решения задачи построения оптимального инвестиционного портфеля необходимо построить решающее правило, определяющее, при каком на-

боре долей капитала  $y_1, y_2, \dots, y_n$ , таком, что  $y_1 + y_2 + \dots + y_n = 1$ , результат (доходность портфеля) будет наилучшим. Обозначим  $D = \{\bar{y} : y_1 + y_2 + \dots + y_n = 1\}$ .

Рассмотрим несколько подходов к решению данной задачи. Сначала рассмотрим экстремальную оптимизацию по полезности.

По определению полезностью доходности портфеля является число

$$U(\bar{y}) = Eu(Y),$$

где  $u$  — некоторая неубывающая функция. Положим, что  $u(t) = t$  для всех вещественных чисел  $t \in \mathfrak{R}$ . Тогда полезностью будет математическое ожидание доходности портфеля

$$U(\bar{y}) = E(Y).$$

Наиболее предпочтительным будет такой набор долей капитала  $\bar{y}^* = \{y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*\}$ , при котором среднее значение доходности портфеля будет максимальным

$$E(Y^*) = E(y_1^* \cdot \xi_1 + y_2^* \cdot \xi_2 + \dots + y_n^* \cdot \xi_n) = \max_{\bar{y} \in D} E(Y).$$

Заметим, что по свойствам математического ожидания  $E(Y) = y_1 \cdot E(\xi_1) + y_2 \cdot E(\xi_2) + \dots + y_n \cdot E(\xi_n)$ . Таким образом, для построения оптимального инвестиционного портфеля при использовании данного подхода не нужно знать законы распределения доходностей входящих в портфель ценных бумаг. Достаточно оценить только их средние значения. Однако такой подход обладает рядом недостатков, так как оценивает только средние значения и не учитывает возможные отклонения доходностей от них, хотя такие отклонения могут быть достаточно существенны.

Для определения полезности доходности портфеля можно выбирать и другие виды функции  $u$ , например,  $u(t) = 1 - \exp(-a \cdot t)$ <sup>1</sup>, где  $a > 0$  — некоторый заданный параметр. Тогда наиболее предпочтительным будет такой портфель  $\bar{y}^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*)$ , что

$$U(\bar{y}^*) = U(y_1^* \cdot \xi_1 + y_2^* \cdot \xi_2 + \dots + y_n^* \cdot \xi_n) = \max_{\bar{y} \in D} E(1 - \exp(-a \cdot Y)).$$

Недостатком данного подхода является сложность его применения. В частности, необходимо определить точный закон распределения вектора  $\bar{\xi} = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$  доходностей ценных бумаг.

Рассмотрим другой способ построения решающего правила решения задачи нахождения оптимального инвестиционного портфеля — *экстремальную оптимизацию по мере риска*.

Наиболее распространенной мерой риска является дисперсия случайной величины

$$\mu(\bar{y}) = D(Y) = E\{(Y - E(Y))^2\}.$$

Тогда наиболее предпочтительным будет такой портфель  $\bar{y}^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*)$ , при котором среднее отклонение доходности инвестиционного портфеля от своего среднего значения будет минимальным:

$$\mu(\bar{y}^*) = D(y_1^* \cdot \xi_1 + y_2^* \cdot \xi_2 + \dots + y_n^* \cdot \xi_n) = \min_{\bar{y} \in D} D(Y).$$

<sup>1</sup> Выбор именно такой функции полезности обусловлен тем, что для нее функция неприятия риска является константой. Более подробно с этим можно познакомиться, например, в работе: Pratt J. V. Risk Aversion in the Small and in the Large // *Econometrica*. 1964. V. 32. P. 122–136.

Для нахождения дисперсии доходности портфеля необходимо знать дисперсии доходностей входящих в него ценных бумаг, а также их попарные ковариации, т.е.  $E\{(\xi_i - E(\xi_i))(\xi_j - E(\xi_j))\}$  для всех  $i \neq j \in \{1, 2, \dots, n\}$ . Сами законы распределения доходностей ценных бумаг знать не обязательно. Это упрощает решение данной задачи.

В целом разные подходы к решению могут давать разные и даже противоположные решения. Выбор конкретного способа решения остается за лицом, принимающим решение<sup>1</sup>.

## Резюме

Одной из главных составляющих задачи принятия решений является выявление системы предпочтений ЛПР. Эти предпочтения могут быть выражены явно или опосредовано. Формализацией выбора наиболее предпочтительных вариантов из имеющихся альтернатив является построение функции выбора. Для этого существует несколько подходов.

Наиболее распространенным способом выявления предпочтений является анализ возможных альтернатив с помощью бинарных отношений. Использование бинарных отношений позволяет формализовать такие понятия, как «хуже», «лучше», «не хуже», «одинаковые» и др. Однако такой инструментарий не лишен и недостатков, поскольку обладает высокой трудоемкостью, а в некоторых задачах попарное сравнение имеющихся альтернатив решения задачи не приводит к глобальному выбору наилучших из всех имеющихся альтернатив.

В тех случаях, когда есть возможность численно оценить полезность каждой альтернативы, можно на основе этой полезности построить и бинарное отношение предпочтения.

Функция выбора ЗПР задается или непосредственно ЛПР, или с помощью некоторого решающего правила, которое может быть построено с использованием бинарных отношений предпочтения или оптимизации какой-либо целевой функции. Сложность и неопределенность ЗПР состоит в том, что получаемые решения будут зависеть от того, какое решающее правило используется. Для одной и той же задачи разные правила могут привести к разным решениям. Таким образом, получаемые решения всегда субъективны.

Еще более трудной задачей является принятие решений в условиях неопределенности, когда на получаемый результат влияют еще и внешние условия, которые ЛПР не может контролировать. Однако и в этом случае существуют подходы выявления предпочтений на множестве альтернатив. Если на множестве, задающем влияние внешних условий (среды) можно задать вероятностную структуру, то можно строить отношения предпочтения и функции выбора с помощью стохастического доминирования, являющегося аналогом отношения доминирования по Парето, о котором будет подробно рассказано в гл. 9, или с помощью функций полезности и риска.

---

<sup>1</sup> Более подробно с задачей построения оптимального инвестиционного портфеля можно познакомиться, например, в кн.: Новоселова А. А. Математическое моделирование финансовых рисков. Теория измерения. Новосибирск, 2001.

## Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы

1. Что означает отказ от выбора в ЗПР?
2. Сколько элементов множества могут участвовать в заданном на этом множестве бинарном отношении?
3. В табл. 7.1 представлены данные о студентах, победивших в университетском конкурсе по экономике.

Таблица 7.1.

Данные победителей

Код студента	ФИО	Дата рождения	Группа	Набранные баллы
K17	Сергеев Антон	12.04.1994	БИ-3	145
K31	Зинин Александр	10.07.1993	Э-421	130
K5	Уланова Анна	30.08.1995	БИ-3	129

Выделите элементы множества  $X = \text{«код студента»}$ , удовлетворяющие следующим бинарным отношениям:  $Q_1 = \text{«старше»}$ ,  $Q_2 = \text{«учатся в одной группе»}$ ,  $Q_3 = \text{«балл ниже»}$ . Какие из этих отношений являются отношениями предпочтения, а какие — эквивалентности?

4. Какими свойствами обладает отношение предпочтения?

5. Пусть на множестве  $A$  целых чисел от 1 до 20 задано отношение равенства по модулю 3: числа  $x, y \in A$  равны по модулю 3,  $x = y \pmod{3}$ , если их разность делится на 3 ( $x - y) : 3 \in \mathbb{Z}$ . Определите, сколько классов эквивалентности задает это отношение, и определите класс эквивалентности числа 2.

6. Можно ли построить функцию полезности для альтернатив детской игры «камень, ножницы, бумага» и почему?

7. Чем отличаются следующие способы построения решающего правила: скалярная оптимизация и условно-экстремальная оптимизация?

8. Какими свойствами обладают результаты  $r \in R$ , полученные при принятии решения в задаче принятия решений в условиях вероятностной неопределенности?

9. Пусть случайные величины  $\xi$  и  $\eta$  имеют равномерное распределение на отрезках  $[a, b]$  и  $[c, d]$  соответственно. При каких условиях на значения  $a, b, c$  и  $d$   $F_\xi$  стохастически доминирует  $F_\eta$ , если  $F_\xi$  — функция распределения случайной величины  $\xi$ ,  $F_\eta$  — функция распределения случайной величины  $\eta$ ?

10. Чему равны функция потерь и ожидаемое значение для следующих мер риска:  $\mu_1(\xi) = E(\xi - E(\xi))^3$ ,  $\mu_2(\xi) = E(\xi)^2$ ?

11. Пусть функция полезности имеет вид  $u(t) = \sqrt{t}$ ,  $t \geq 0$ , пусть случайные величины  $\xi$  и  $\eta$  имеют равномерное распределение на отрезках  $[0, 1]$  и  $[1, 2]$  соответственно. Какая из двух случайных величин будет предпочтительнее другой по отношению предпочтения, порожденному заданной функцией полезности  $u$ ?

12. Объясните, в чем схожи и чем отличаются функция полезности и функция риска в ЗПР в условиях вероятностной неопределенности.

### Темы рефератов и докладов

1. Проблема выбора результирующего отношения предпочтения ЗПР.
2. Парадокс Эрроу.
3. Модели принятия маркетинговых решений.
4. Достоинства и недостатки дисперсии как меры риска ЗПР в условиях вероятностной неопределенности.
5. Примеры наиболее часто используемых функций полезности в ЗПР.
6. Примеры специальных бинарных отношений.
7. Декомпозиция функций выбора.

## Рекомендуемая литература

### *Литература на русском языке*

1. Вилкас, Э. Й. Решения: теория, информация, моделирование / Э. Й. Вилкас, Е. Э. Майминас. — М. : Радио и связь, 1981. — 328 с.
2. Макаров, И. М. Теория принятия решений : учеб. пособие / И. М. Макаров [и др.]. — М. : Наука, 1982. — 328 с.
3. Новоселов, А. А. Математическое моделирование финансовых рисков. Теория измерения / А. А. Новоселов. — Новосибирск, 2001.
4. Петровский, А. Б. Теория принятия решений : учебник для студентов вузов / А. Б. Петровский. — М. : Академия, 2009. — 400 с.
5. Розен, В. В. Математические модели принятия решений в экономике : учеб. пособие / В. В. Розен. — М. : Книжный дом «Университет» ; Высшая школа, 2002. — 288 с.
6. Юдин, Д. Б. Вычислительные методы теории принятия решений / Д. Б. Юдин. — М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. — 320 с.

### *Литература на иностранных языках*

1. Fishburn, P. C. Convex stochastic dominance with continuous distribution functions / P. C. Fishburn // J. Econ. Theory. — 1974. — V. 6. — P. 143–158.
2. Pratt, J. V. Risk Aversion in the Small and in the Large / J. V. Pratt // Econometrica. — 1964. — V. 32. — P. 122–136.

# Глава 8

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

### 8.1. Математическая модель многокритериальной задачи принятия решений

Задачи принятия решений часто нельзя свести к выбору по одному какому-либо критерию. Во многих случаях необходимо учитывать несколько аспектов. Выпуская новую продукцию, производитель хочет добиться максимального качества при минимальных затратах. Выбирая место для нового магазина, надо учитывать многие экономические и социальные факторы: необходимо найти наилучшее местоположение, наиболее удобное помещение с минимально возможной арендной платой, а также — учесть и другие возможные факторы. Транспортная компания заинтересована найти возможности организации перевозки с минимальными затратами и сроками. Выбирая автомобиль, покупатель помимо его стоимости оценивает безопасность, надежность, внешний вид, комфортность управления. Для кого-то важными характеристиками окажется грузоподъемность, расход топлива, для других — максимальная скорость и время разгона до 100 км/ч. Производители, выбирая сырье и комплектующие для выпускаемой ими продукции, стремятся найти лучшее качество при минимальной цене.

Формируя обоснованное решение, необходимо учитывать множество содержательных обстоятельств, каждое из которых будет составлять некоторый критерий оценки имеющихся возможностей со своей точки зрения. Необходимость взгляда на имеющуюся проблему с разных точек зрения и является *причиной возникновения многокритериальности* в задачах принятия решений.

Пример многокритериальности параметров выбора. Форма по поиску квартир, предлагаемая на сайте <http://www.bn.ru>, имеет следующий вид (рис 8.1).

В предлагаемой форме имеется 10 категорий выбора параметров поиска. Каждая из этих категорий отвечает различным критериям выбора. При этом часть критериев

The image shows a screenshot of a search form for apartments on the website <http://www.bn.ru>. The form is titled "Поиск" and includes various filters for location, area, and other criteria. The form is divided into several sections:

- Расширенный поиск:** Includes fields for "Квартал от" (District from), "Метро от" (Metro from), "Выходь объекты без метро" (Exclude objects without metro), "В районе от" (In the area from), and "В округе от" (In the district from).
- Ограничить по:** Includes a dropdown menu for "район" (district) and a checkbox for "по названию" (by name).
- Рядом с:** Includes a checkbox for "около объектов" (near objects) and a list of districts: Алесей Тимашев, Васильевская, Выборгская, Калужская, Кировская, Колпинская, Красноармейская, Косовская, Крестовская, Купчино, Голубое без метро, Обухово, Обухово, Митинский, Новинский, Обухово, Петровский, Петровский, Плещеевский, Пушкинская, Фрунзенский, Центральный.
- Группы районов:** Includes checkboxes for "Голубое без метро", "Приморский", "Обухово", and "Шуваловское".
- Теплотрасса дома:** Includes a dropdown menu for "Обухово" and a checkbox for "около объектов" (near objects).
- Группы типов домов:** Includes checkboxes for "Кирпич", "Монолит", "Спальный", "Современный тип", "Старое здание", "Старая панель", and "Старый фонд".

Рис. 8.1. Форма поиска квартир сайта <http://www.bn.ru>

является качественными, например, район или тип дома. Для таких критериев вводят определенные шкалы измерения. Поставив ограничения для каждого критерия, покупатель может сначала сузить множество предложений рынка недвижимости, а затем выбрать наиболее подходящий вариант.

**Пример многокритериальности параметров соответствия.** На сайте <http://spb.rabota.ru> можно найти, например, предложение на вакантное место IR-специалиста, т.е. специалиста по рынку ценных бумаг. При этом работодатели предъявляют следующие требования к претенденту:

- высшее образование в области экономики и финансов;
- наличие квалификационного аттестата по одному из видов профессиональной деятельности на рынке ценных бумаг: брокерская, дилерская, депозитарная;
- опыт работы у профессионального участника рынка ценных бумаг будет преимуществом;
- опыт торговли на финансовых рынках (акции, облигации, репо, рпс);
- умение работать в программе QUIK;
- великолепное понимание процессов на рынке акций, взаимодействия профессиональных участников на рынке, внебиржевых и биржевых сделок;
- умение принимать решения в условиях неопределенности;
- стрессоустойчивость;
- умение работать с большими массивами данных;
- многозадачность, коммуникабельность;
- аналитический склад ума;
- рабочий уровень английского языка;
- опыт в постановке задач и контроль их выполнения;
- умение аргументированно отстаивать свою точку зрения, ответственность и целеустремленность;
- опытный пользователь MS Office.

Этот перечень является множеством критериев, на основании которых компания будет оценивать претендентов на предлагаемую ими должность.

Из перечисленных примеров видно, что выбрать решение, которое было бы наилучшим по всем видам критериев, невозможно. Часто критерии ставят противоположные цели. Необходимо использовать специальные приемы, которые бы решали задачу комплексно.

Пусть каждое решение характеризуется некоторой альтернативой  $x \in X$ . И пусть имеется  $m$  частных критериев, позволяющих оценить качество выбираемой альтернативы. Каждый критерий имеет свою собственную критериальную (целевую) функцию  $f_i: X \rightarrow \mathfrak{R}$ , где  $\mathfrak{R}$  — множество вещественных чисел,  $i = 1, 2, \dots, m$ . Тогда число  $f_i(x)$  будет оценкой альтернативы  $x \in X$  по  $i$ -му критерию ( $i = 1, 2, \dots, m$ ).

Будем обозначать множество достижимых векторных оценок через  $Y = \text{Im}(f) \subset \mathfrak{R}^m$  (см. определение в параграфе 6.4). Тогда для каждой альтернативы  $x \in X$  будем иметь векторную оценку по всем критериям  $f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \in Y \subset \mathfrak{R}^m$ , содержащую полную информацию о ее ценности.

Заметим, что оценки по разным критериям одной задачи могут проводиться в разных шкалах. Оценки вариантов решений могут проводиться с помощью измерений параметров или определения значений материаль-

ных, технико-экономических или каких-либо других показателей. Когда оценка не может быть получена с помощью «физических» измерений, применяют экспертные методы. Например, оценивая уровень обслуживания клиентов некоторой фирмы, можно рассмотреть такие критерии, как время и качество обслуживания каждого клиента. При этом время будет оцениваться непосредственными измерениями длительности обслуживания (или времени отклонения от расчетного значения, необходимого для проведения конкретной операции), а качество можно оценить с помощью оценок клиентов, выставленных по 5- или 10-балльной шкале.

Формально сформулировать задачу многокритериальной оптимизации можно следующим образом: найти такой набор альтернатив  $x^*$ , который обеспечивал бы значения оптимумов всех частных критериев

$$f_1(x^*) = \max_{x \in X} f_1(x),$$

...

$$f_m(x^*) = \max_{x \in X} f_m(x).$$

Однако такая постановка задачи не имеет смысла, поскольку целевые функции достигают своих оптимумов в разных точках. Например, невозможно максимизировать прибыль, одновременно минимизируя издержки.

**Пример сравнения векторных оценок (\*\*).** Некоторый магазин решил провести опрос с целью выявления наилучшего производителя чайной продукции. В опросе приняли участие 100 покупателей, которых попросили оценить продукцию по 5-балльной шкале с точки зрения качества, внешней привлекательности и цены. Обработав данные и сосчитав средние значения, руководство получило следующие оценки:

- производитель 1: (4,8; 4,2; 3,2);
- производитель 2: (4,1; 3,5; 2,9);
- производитель 3: (4,9; 4,6; 1,2).

Заметим, второй производитель по всем трем критериям оценки оказался хуже первого производителя. Однако остается проблемой, как выявить «победителя» между производителями 1 и 3, поскольку разные критерии достигают своих наилучших значений для разных альтернатив. Таким образом, возникает проблема сравнения векторных оценок имеющихся альтернатив задачи.

Итак, решение многокритериальной ЗПР сводится к следующим этапам.

1. Выявление множества допустимых решений (альтернатив)  $X$ .
2. Построение векторного критерия (формирование множества критериев задачи).
3. Нахождение множества достижимых (возможных) векторных оценок  $Y$ .
4. Построение отношения предпочтения на множестве  $Y$ .

### **Обратите внимание!**

В многокритериальной ЗПР каждое решение (альтернатива) характеризуется множеством критериев, поэтому модели предпочтения будут строиться не на множестве  $X$ , а на множестве  $Y$  – достижимых векторных оценок.

<sup>1</sup> Понятие модель предпочтения и способы построения отношений предпочтения подробно обсуждались в гл. 7.

## 8.2. Формирование множества критериев

Для принятия обоснованного решения какой-либо сложной задачи необходимо выявить набор критериев, который бы отражал в полной степени все стороны поставленной цели, но не был бы при этом избыточен. Эта задача требует глубокого анализа как со стороны специалистов в конкретных областях знаний, так и со стороны специалистов в области принятия решений. Хотя такая задача и трудно формализуема, можно выделить ряд важных свойств, которыми должен обладать набор выбираемых критериев. Опишем эти свойства.

1. *Полнота.* Набор критериев называется полным, если использование дополнительных критериев не меняет результата решения задачи, а отбрасывание хотя бы одного из имеющихся критериев, наоборот, приводит к его изменению.

Иными словами, набор критериев должен давать ясное представление о поставленной ЛПР цели и степени ее достижимости. Необходимо провести отбраковку критериев, не влияющих на поставленную задачу.

2. *Неизбыточность.* Различные критерии из имеющегося набора не должны учитывать один и тот же аспект последствий.

Например, рассматривая задачу оптимизации перевозки грузов, нет необходимости учитывать расходы на перевозку на определенном участке дороги и расход топлива на нем одновременно, так как второй показатель участвует в формировании первого.

3. *Минимальность.* Набор должен содержать как можно меньшее количество критериев.

Хотя это свойство противоречит в некотором смысле свойству полноты, необходимо идти на компромисс между необоснованной сложностью задачи и полнотой описания ее свойств и характеристик.

4. *Операциональность.* Каждый критерий должен характеризовать вполне определенный аспект последствий, иметь ясный и однозначный смысл.

Данное свойство предполагает декомпозицию поставленной ЗПР цели. В этом смысле оно противоречит свойству минимальности, напротив предполагающему агрегирование критериев. В данном случае тоже приходится идти на компромисс.

5. *Измеримость.* Каждый критерий должен допускать возможность оценки в какой-либо шкале.

Оценка критерия может быть проведена либо посредством физических измерений, либо может быть выведена экспертным путем. В результате для решения ЗПР необходимо, чтобы каждый критерий имел свою целевую функцию.

Таким образом, выбираемая система критериев должна учитывать все свойства и аспекты последствий, которые необходимо учитывать при сравнении различных вариантов допустимых решений, но не быть при этом перегруженной.

## 8.3. Построение отношений предпочтения для многокритериальной ЗПР

Выделив для решаемой ЗПР набор критериев оценки, недостаточно уметь сравнивать альтернативы по каждому отдельному критерию. Необходимо уметь их сравнивать комплексно по всему имеющемуся набору критериев,

т.е. нужно сравнивать векторы  $(f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \subset Y$  для различных значений  $x \in X$ . Для этого введем бинарные отношения предпочтения<sup>1</sup> на множестве возможных векторных оценок  $Y$ . Рассмотрим два наиболее часто встречающиеся на практике отношения.

### Определение

Говорят, что вектор  $y = (y_1, y_2, \dots, y_m) \in \mathfrak{R}^m$  доминирует по Парето вектор  $\tilde{y} = (\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m) \in \mathfrak{R}^m$ , если для всех  $i = 1, 2, \dots, m$  выполняется неравенство  $y_i \geq \tilde{y}_i$  и хотя бы для одного значения индекса это неравенство является строгим. Обозначается  $y \overset{\text{Par}}{>} \tilde{y}$ .

Отношение доминирования по Парето является отношением строгого предпочтения.

Другое отношение предпочтения строится с помощью последовательного покоординатного сравнения двух векторов между собой.

### Определение

Говорят, что вектор  $y = (y_1, y_2, \dots, y_m) \in \mathfrak{R}^m$  доминирует по отношению лексикографического предпочтения вектор  $\tilde{y} = (\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m) \in \mathfrak{R}^m$ , если существует такое число  $k = 1, 2, \dots, m$ , что выполняются соотношения

$$y_1 = \tilde{y}_1, \dots, y_{k-1} = \tilde{y}_{k-1}, y_k > \tilde{y}_k.$$

Обозначается  $y \geq_L \tilde{y}$ .

Для построения отношения лексикографического предпочтения используется следующая процедура. Сначала две альтернативы сравниваются между собой по первому критерию, и если оказалось, что их оценки по этому критерию совпадают, то их сравнивают по второму критерию. Если же оценки альтернатив совпадают и по второму критерию, то их сравнивают по третьему и т.д., пока по какому-либо критерию не будет найдено различие. В противном случае оценки будут совпадать по всем критериям, а значит, эти альтернативы будут равнозначны для ЛПР.

Недостатком использования такого отношения предпочтения для решения ЗПР является то, что фактически принимается во внимание только первый или несколько первых критериев, так как сравнение по следующим критериям в списке происходит только в том случае, если по предыдущим не было найдено оптимальное решение. Разные варианты ранжирования критериев могут существенно изменить принимаемые решения.

Если для выявления наиболее предпочтительного производителя в примере (\*\*\*) применить отношение лексикографического предпочтения, то в описанной постановке задачи «победителем» будет производитель 3. Однако, если критерии расположить в другом порядке, например, первым поставить оценку по привлекательности цены товара, то «наилучшим» будет производитель 1.

<sup>1</sup> Определения понятий бинарные отношения и отношения предпочтения вводились в параграфе 7.2.

### Определение

Отношение предпочтения  $\succsim$  называется *непрерывным* на  $Y \subset \mathbb{R}^m$ , если множество  $\{(y, z) \mid y \succ z, y, z \in Y\}$  является открытым<sup>1</sup> подмножеством  $Y^2$ .

Данное определение означает, что если  $y$  строго предпочтительнее  $\tilde{y}$ , то малое изменение каждого из этих элементов сохранит отношение предпочтения  $y \succ \tilde{y}$ .

Заметим, что отношение лексикографического предпочтения не является непрерывным. Поясним это на следующем примере.

**Пример нарушения свойства непрерывности отношением лексикографического предпочтения.** Пусть имеются два критерия:  $Y \subset \mathbb{R}^2$  и для векторных оценок  $y = (y_1, y_2)$ ,  $z = (z_1, z_2)$  верно  $y_1 = z_1, y_2 > z_2$ . При этом заметим, что будет выполнено  $y \succ_L z$ . Однако, уменьшив  $y_1$  на любое малое число, получим  $y_1 < z_1$ , что даст  $y \not\leq_L z$ .

## 8.4. Обобщенный критерий и кривые безразличия

Множество критериев многокритериальной ЗПР, с одной стороны, позволяют характеризовать объект с разных сторон, однако, с другой стороны, создают дополнительную трудность принятия обоснованного решения, так как множество вещественных векторов неупорядоченно. Обобщенным критерием ЗПР является такой критерий, который сводит все оценки по отдельным критериям в единую числовую оценку.

### Определение

*Обобщенным критерием многокритериальной ЗПР* называется критерий, имеющий целевую (критериальную) функцию  $\varphi: Y \rightarrow \mathbb{R}$ , ставящую в соответствие каждой векторной оценке ЗПР  $y = (y_1, y_2, \dots, y_m) \in Y$  некоторое числовое значение так, что верно следующее соотношение:

$$\text{если } (y_1, y_2, \dots, y_m) \succsim (\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m), \text{ то } \varphi(y_1, y_2, \dots, y_m) > \varphi(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m).$$

При этом критериальная функция называется *функцией полезности (ценности) многокритериальной ЗПР*.

Достаточным условием существования обобщенного критерия является условие непрерывности отношения предпочтения. При этом часто используемое на практике отношение лексикографического предпочтения из-за отсутствия непрерывности является непригодным для построения обобщенного критерия.

### Обратите внимание!

В практических задачах в качестве отношения предпочтения, по которому строится обобщенный критерий, применяется доминирование по Парето.

Для обобщенного критерия важно не конкретное значение целевой функции, а сравнение этих значений для разных векторных оценок ЗПР.

<sup>1</sup> В данном случае предполагается, что в пространстве  $\mathbb{R}^m$  введена некоторая метрика. Множество является открытым, если каждый его элемент принадлежит множеству вместе с некоторой своей  $\varepsilon$ -окрестностью, где  $\varepsilon > 0$ . При этом  $\varepsilon$ -окрестностью элемента называется множество элементов множества, таких что расстояния до него не превышает  $\varepsilon$ .

Поэтому критерии будут разбиваться на классы эквивалентных критериев.

### Определение

Обобщенные критерии с функциями полезности  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  называются *эквивалентными*, если для любых векторных оценок  $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$  и  $\tilde{y} = (\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m)$  выполнено следующее соотношение:

$$\varphi_1(y) \geq \varphi_1(\tilde{y}) \text{ тогда и только тогда, когда } \varphi_2(y) \geq \varphi_2(\tilde{y}).$$

**Пример эквивалентных функций полезности.** Предположим, что для двухкритериальной ЗПР обобщенный критерий с функцией полезности имеет вид  $\varphi(y_1, y_2) = y_1 + 2y_2$ . Тогда обобщенные критерии с функциями полезности  $\varphi_1(y_1, y_2) = 3y_1 + 6y_2$  и  $\varphi_2(y_1, y_2) = e^{y_1 + 2y_2}$  будут ему эквивалентны.

Вообще говоря, любой обобщенный критерий с функцией полезности вида  $\Psi = g \circ \varphi$ , где  $g$  — произвольная неубывающая функция, будет эквивалентен обобщенному критерию с функцией полезности  $\varphi$  (здесь знак  $\circ$  означает композицию функций). В частности критерии вида  $\Psi = a\varphi$ , где  $a$  — константа, эквиваленты  $\varphi$ .

Поскольку критериальная функция интерпретируется как функция полезности многокритериальной ЗПР, дальнейшее развитие теории будет происходить в соответствии с ординалистским (порядковым) подходом, разработанным В. Парето<sup>1</sup>, который предложил рассматривать не саму полезность товаров или наборов, а выводимую эмпирическим путем оценку предпочтений одних товаров по отношению к другим. Основным инструментом анализа в таких задачах стали кривые безразличия, предложенные Ф. Эджвортотом.

Предположим для простоты, что имеются только два критерия с оценками  $y_1 \in Y_1$  и  $y_2 \in Y_2$  соответственно.

### Определение

*Кривой безразличия* называются такие комбинации значений критериев  $y_1 \in Y_1$  и  $y_2 \in Y_2$ , которые удовлетворяют уравнению  $\varphi(y_1, y_2) = c$ , где  $\varphi$  — некоторая построенная функция полезности, а  $c$  — заданная константа.

Рассмотрим две равнозначные, т.е. лежащие на одной и той же кривой безразличия, точки  $A(y_1, y_2)$  и  $B(y'_1, y'_2)$  и обозначим  $\Delta y_1 = y'_1 - y_1$ ,  $\Delta y_2 = y'_2 - y_2$ . При переходе от точки  $A$  к точке  $B$  за улучшение значения  $y_1$  на  $|\Delta y_1|$  ЛПР готово «заплатить» ухудшением значения  $y_2$  на  $|\Delta y_2|$  (рис. 8.2).

### Обратите внимание!

Для точек, лежащих на одной кривой безразличия, величины  $y_1$  и  $y_2$  всегда имеют разные знаки.

Положительное число  $-\frac{\Delta y_2}{\Delta y_1}$  будет зависеть от обеих точек  $A$  и  $B$ . Для того чтобы исключить зависимость от точки  $B$ , рассмотрим бесконечно малое смещение.

<sup>1</sup> Pareto V. Manuel d'économie politique. Paris : V. Giard et E. Brière, 1909.

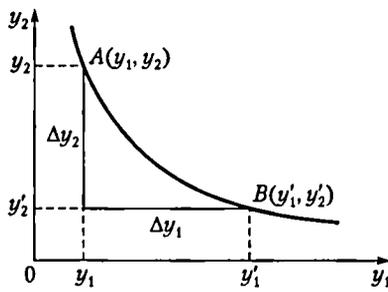


Рис. 8.2. Движение точки на кривой безразличия

**Определение**

Локальным коэффициентом замещения (ЛКЗ) в точке  $A(y_1, y_2)$  называется положительное число

$$\lambda = \lim_{\Delta y_1 \rightarrow 0} \left( -\frac{\Delta y_2}{\Delta y_1} \right), \quad (8.1)$$

если такой предел существует и конечен.

**Обратите внимание!**

Локальный коэффициент замещения  $\lambda$  зависит от координат точки  $A$ , т.е.  $\lambda = \lambda(y_1, y_2)$ .

Строго говоря, ЛКЗ можно найти следующим образом. Поскольку кривая безразличия задается уравнением  $\phi(y_1, y_2) = c$ , где  $c$  — константа, в случае, когда функция  $\phi(y_1, y_2)$  — непрерывно дифференцируема, это уравнение можно переписать следующим образом

$$\frac{\partial \phi}{\partial y_1} dy_1 + \frac{\partial \phi}{\partial y_2} dy_2 = 0,$$

где  $\frac{\partial \phi}{\partial y_1}$  и  $\frac{\partial \phi}{\partial y_2}$  — частные производные по  $y_1$  и  $y_2$  соответственно. Тогда

$$\frac{dy_2}{dy_1} = -\frac{\partial \phi / \partial y_1}{\partial \phi / \partial y_2} = -\lambda.$$

На рис. 8.3 показан геометрический смысл ЛКЗ: ЛКЗ в точке  $A(y_1, y_2)$  равен взятому со знаком минус тангенсу угла наклона к оси  $Oy_2$  касательной, проведенной к кривой безразличия в точке  $A(y_1, y_2)$ .

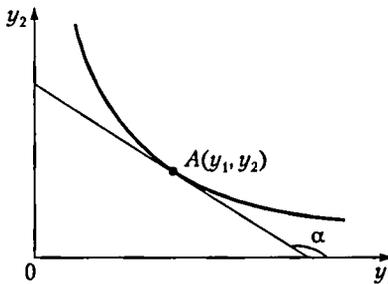


Рис. 8.3. Геометрический смысл ЛКЗ:  $\lambda = -\text{tg}\alpha$

Кривую безразличия можно построить для каждого значения критериальной функции. Кроме того из определения следует, что через любую точку  $A(y_1, y_2)$  проходит единственная кривая безразличия. Таким образом, для ЗПР имеем множество таких кривых.

#### Определение

Множество кривых безразличия некоторой двухкритериальной ЗПР называется *картой безразличия*.

На рис. 8.4 показана карта безразличия ЗПР с множеством векторных оценок  $Y$ .

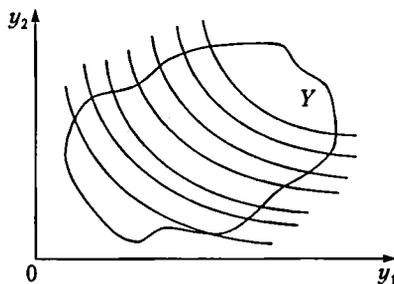


Рис. 8.4. Карта безразличия

#### Обратите внимание!

В случае, когда кривые безразличия являются гладкими функциями, т.е. имеющими производные в каждой точке, задание карты безразличия ЗПР равносильно заданию для каждой точки  $A \in Y$  ее ЛКЗ.

Действительно, если задана карта безразличия, то для каждой точки  $A \in Y$  существует единственная проходящая через нее кривая безразличия. Проведя в этой точке касательную к кривой, найдем тангенс угла наклона этой касательной к оси абсцисс. Это и будет ЛКЗ (см. рис. 8.3).

Обратно, если для каждой точки  $A(y_1, y_2) \in Y$  задан соответствующий ЛКЗ, то это означает, что в каждой точке задан тангенс угла наклона касательной к кривой безразличия. В этом случае можно построить и саму кривую.

### 8.5. Аддитивные функции полезности

Построение функции полезности (ценности) обобщенного критерия существенно упрощается, если эта функция аддитивна.

#### Определение

Функция полезности  $\varphi(y_1, y_2, \dots, y_m)$  обобщенного критерия двухкритериальной ЗПР называется аддитивной, если ее можно представить в виде

$$\varphi(y_1, y_2) = \varphi_1(y_1) + \varphi_2(y_2) + \dots + \varphi_m(y_m)$$

с функциями  $\varphi_1: Y_1 \rightarrow \mathfrak{R}$ ,  $\varphi_2: Y_2 \rightarrow \mathfrak{R}$ , ...,  $\varphi_m: Y_m \rightarrow \mathfrak{R}$ .

Класс аддитивных функций достаточно велик. В частности, если функция полезности имеет вид

$$\varphi(y_1, y_2) = \varphi_1(y_1) \cdot \varphi_2(y_2) \cdot \dots \cdot \varphi_m(y_m),$$

то, поскольку можно применить произвольное монотонное преобразование и получить при этом эквивалентный критерий, прологарифмируем описанную функцию  $\varphi$ . Тогда получим тоже аддитивную функцию

$$\tilde{\varphi}(y_1, y_2, \dots, y_m) = \log(\varphi(y_1, y_2, \dots, y_m)) = \tilde{\varphi}_1(y_1) + \tilde{\varphi}_2(y_2) + \dots + \tilde{\varphi}_m(y_m),$$

где  $\tilde{\varphi}_1(y_1) = \log \varphi_1(y_1)$ ,  $\tilde{\varphi}_2(y_2) = \log \varphi_2(y_2)$ , ...,  $\tilde{\varphi}_m(y_m) = \log \varphi_m(y_m)$ .

Опишем необходимые и достаточные условия существования аддитивной функции полезности в случае двух критериев. Пусть функция полезности аддитивна. Тогда для произвольной точки  $A(y_1, y_2) \in Y$  справедливо представление

$$\varphi(y_1, y_2) = \varphi_1(y_1) + \varphi_2(y_2). \quad (8.2)$$

Рассмотрим четыре точки:  $B(y_1^0, y_2^0)$ ,  $C(y_1^0, y_2^1)$ ,  $D(y_1^1, y_2^0)$  и  $E(y_1^1, y_2^1)$ , для которых определены ЛКЗ (рис. 8.5).

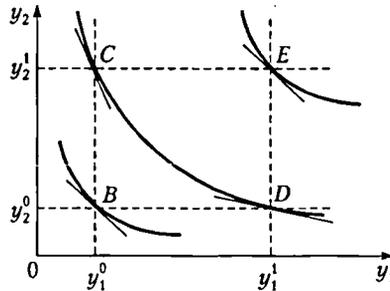


Рис. 8.5. Условия существования аддитивной функции полезности

Локальный коэффициент замещения в точке  $E$  будет рассчитываться как

$$\lambda_E = \frac{\varphi'_1(y_1^1)}{\varphi'_2(y_2^1)},$$

где  $\varphi'_1$  и  $\varphi'_2$  — производные функций  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  соответственно. Тогда можно записать следующее соотношение

$$\lambda_E = \frac{\varphi'_1(y_1^1)}{\varphi'_2(y_2^1)} = \frac{\varphi'_1(y_1^1)}{\varphi'_2(y_2^0)} \cdot \frac{\varphi'_2(y_2^0)}{\varphi'_1(y_1^0)} \cdot \frac{\varphi'_1(y_1^0)}{\varphi'_2(y_2^1)} = \frac{\lambda_C \cdot \lambda_D}{\lambda_B}.$$

Следовательно, необходимым условием существования аддитивной функции полезности является *условие соответственных замещений*

$$\lambda_E \cdot \lambda_B = \lambda_C \cdot \lambda_D, \quad (8.3)$$

где  $\lambda_B$ ,  $\lambda_C$ ,  $\lambda_D$  — ЛКЗ в точках  $B$ ,  $C$  и  $D$  соответственно.

Можно доказать, что это условие является достаточным.

Процедура построения кривых безразличия в случае аддитивной функции полезности вида (8.2) проще, чем в общем случае.

Как уже упоминалось в параграфе 8.4, функция полезности не является однозначно определенной. Поэтому сначала необходимо задать начало отсчета, т.е. указать множество точек нулевой полезности, и единицы измерения для строящихся кривых безразличия. Для этого ЛПР необходимо ука-

зять минимальные допустимые значения критериев  $y_1^0$  и  $y_2^0$ , для которых положим

$$\varphi(y_1^0, y_2^0) = \varphi_1(y_1^0) = \varphi_2(y_2^0) = 0.$$

Затем необходимо выбрать точку  $y_1^1 > y_1^0$ , для которой положить  $\varphi_1(y_1^1) = 1$ , задав тем самым масштаб измерения.

Далее ЛПР необходимо указать значение  $y_2^1 > y_2^0$  для второго критерия такое, чтобы пары  $(y_1^1, y_2^0)$  и  $(y_1^0, y_2^1)$  были одинаково предпочтительны, т.е.  $\varphi(y_1^1, y_2^0) = \varphi(y_1^0, y_2^1)$ . Для этого значения положим  $\varphi_2(y_2^1) = 1$ . ЛПР также необходимо указать такие значения  $y_1^2 > y_1^1$  и  $y_2^2 > y_2^1$  для первого и второго критериев соответственно, чтобы пары  $(y_1^2, y_2^0)$ ,  $(y_1^1, y_2^1)$  и  $(y_1^0, y_2^2)$  были одинаково предпочтительны или равноценны для ЛПР. Затем положим  $\varphi_1(y_1^2) = \varphi_2(y_2^2) = 2$ , что действительно можно сделать, поскольку верны следующие соотношения

$$\varphi(y_1^1, y_2^1) = \varphi_1(y_1^1) + \varphi_2(y_2^1) = 2 = \varphi(y_1^2, y_2^0) = \varphi_1(y_1^2) + 0.$$

Аналогично

$$\varphi(y_1^1, y_2^1) = 2 = \varphi(y_1^0, y_2^2) = 0 + \varphi_2(y_2^2).$$

Соединяя равноценные точки, получим аппроксимацию кривой безразличия.

Далее поиск новых значений продолжается аналогичным образом, т.е. выбираются  $y_1^3 > y_1^2$  и  $y_2^3 > y_2^2$  для первого и второго критериев соответственно, что пары  $(y_1^3, y_2^0)$ ,  $(y_1^2, y_2^1)$ ,  $(y_1^1, y_2^2)$  и  $(y_1^0, y_2^3)$  одинаково предпочтительны или равноценны для ЛПР. Выбрав такие значения, полагаем  $\varphi_1(y_1^3) = \varphi_2(y_2^3) = 3$ . Соединяя равноценные точки, получим аппроксимацию следующей кривой безразличия. Построение остальных кривых осуществляется аналогичным образом (рис 8.6).

Как видно из построения, рассмотренная процедура предъявляет достаточно высокие требования к «чувствительности» ЛПР — неопределенные ответы ЛПР по поводу предпочтительности тех или иных значений критериев недопустимы. При этом сравнение критериальных точек осуществляется многократно. Для того чтобы исключить противоречивость ответов ЛПР на вопросы о предпочтительности точек, необходимо во время проведения процедуры построения кривых безразличия и функции полезности проверять условие (8.3). Заметим также, что при увеличении числа критериев сложность задачи построения функции полезности увеличивается многократно.

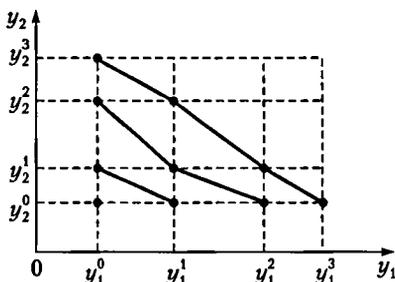


Рис. 8.6. Построение кривых безразличия

Поскольку описанная процедура построения функции полезности сложна в применении, на практике чаще используют альтернативные методы, которые будут описаны ниже в других главах.

## Резюме

Класс многокритериальных задач выбора является очень важным с практической точки зрения. В таких задачах принимается во внимание не один, а целый ряд факторов, влияющих на выбор. Оценкой каждой имеющейся альтернативы является вектор, размерность которого зависит от числа рассматриваемых факторов, и для решения ЗПР необходимо сформировать шкалу предпочтений имеющихся альтернатив. Однако, поскольку множество многомерных векторов не является упорядоченным, возникают существенные трудности построения таких предпочтений.

Наиболее распространенными являются два вида предпочтений: доминирование по Парето и лексикографическое отношение предпочтения. Однако лексикографическое отношение предпочтения, несмотря на свою простоту, обладает существенным недостатком. Оно не является непрерывным, а значит, его нельзя использовать при построении обобщенного критерия ЗПР. Этот критерий задает функцию полезности или ценности, ставящую в соответствие каждой векторной оценке ЗПР некоторое числовое значение. Функция полезности в свою очередь задает отношение предпочтения на множестве допустимых оценок.

Построение обобщенного критерия является достаточно трудоемкой задачей. Важное значение здесь играют кривые безразличия, позволяющие выделять классы оценок, имеющих одинаковое значение для ЛПР.

## Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы

1. Какое множество называется множеством достижимых векторных оценок многокритериальной ЗПР?

2. Выбирая помещение для своего магазина в одном из торговых центров, предприниматель учитывал такие факторы, как стоимость арендной платы, удаленность от центрального входа, стоимость ремонта выбираемого помещения. Постройте математическую модель данной ЗПР, укажите размерность пространства критериальных оценок.

3. Выбирая, куда пойти работать некто оценил имеющиеся варианты по трем критериям и записал данные в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Варианты	Заработная плата, руб.	Время на дорогу, мин.	Наличие социального пакета
Вариант 1	40 000	45	0
Вариант 2	30 000	20	1
Вариант 3	40 000	35	1

Проранжируйте варианты по отношению лексикографического предпочтения.

4. Будут ли отличаться друг от друга локальные коэффициенты замещения двух точек, находящихся на одной кривой безразличия?

5. Каков геометрический смысл локального коэффициента замещения?

6. Укажите, какие из приведенных ниже функций полезности, заданные для трехкритериальной ЗПР, эквивалентны между собой:

$$\varphi(y_1, y_2, y_3) = 2y_1 \cdot y_2 \cdot e^{y_3},$$

$$\varphi(y_1, y_2, y_3) = 2\log(y_1) + \log(y_2) + y_3,$$

$$\varphi(y_1, y_2, y_3) = \log(y_1) + \log(2y_2) + y_3,$$

$$\varphi(y_1, y_2, y_3) = 3y_1 \cdot y_2 \cdot e^{y_3}.$$

7. Найдите локальный коэффициент замещения для любой точки  $A(y_1, y_2) \in Y$  для ЗПР с функцией полезности вида  $\varphi(y_1, y_2) = ay_1 + by_2$ , где  $a, b$  – константы.

8. Укажите условия существования аддитивной критериальной функции обобщенного критерия многокритериальной ЗПР.

## Темы рефератов и докладов

1. Сравнение моделей предпочтения различных групп (возрастных, социальных, гендерных и т.п.) покупателей при выборе товаров народного потребления.

2. Проблема выбора множества альтернатив для оценивания эффективности бизнес-проектов.

3. Парадокс Кондорсе.

4. Задача управления многоотраслевой экономикой как многокритериальная ЗПР.

5. Многокритериальная задача оптимального последовательного выбора.

6. Задача закупки товаров промышленного назначения.

7. Функция полезности и бюджетное ограничение.

## Рекомендуемая литература

1. *Гафт, М. Г.* Принятие решений при многих критериях / М. Г. Гафт. – М. : Знание, 1979. – 64 с.

2. *Лотов, А. В.* Многокритериальные задачи принятия решений : учеб. пособие / А. В. Лотов, И. И. Поспелова. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 197 с.

3. *Ногин, В. Д.* Принятие решений при многих критериях : учеб.-метод. пособие / В. Д. Ногин. – СПб. : ЮТАС, 2007. – 104 с.

4. *Петровский, А. Б.* Теория принятия решений: учебник для студентов вузов / А. Б. Петровский. – М. : Академия, 2009. – 400 с.

5. *Розен, В. В.* Математические модели принятия решений в экономике : учеб. пособие / В. В. Розен. – М. : Книжный дом «Университет»; Высшая школа, 2002. – 288 с.

# Глава 9

## ОПТИМАЛЬНОСТЬ ПО ПАРЕТО

### 9.1. Доминирование по Парето

Математическая постановка многокритериальной задачи принятия решений формулируется в виде проблемы оптимизации векторного критерия  $\vec{f}(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$ , называемого также *векторной оценкой решения*, заданного на множестве альтернатив (или вариантов), т.е. на множестве всех возможных решений  $X$ . Отдельные компоненты  $f_k(x)$ ,  $k = 1, 2, \dots, m$ , выражающие стремление ЛПР достичь одной из  $m$  заданных целей, представляют собой *частные критерии*. В роли функций  $f_k(x)$  чаще всего выступают или показатели качества (технические, экономические и т.п., показатели надежности, безопасности), или финансовые величины (стоимость реализации проекта, прибыль, затраты и т.д.). В зависимости от содержания проблемы функции  $f_k(x)$  именуют критериями *оптимальности*, критериями *эффективности*, *целевыми функциями*, показателями (или критериями) *качества*. Оптимизация частных критериев  $f_k(x)$  предполагает один из двух вариантов:

- либо ЛПР стремится достичь наибольшего значения  $f_k(x)$ , т.е. требуется максимизация (это отвечает критериям дохода, прибыли, цены продажи, надежности, показателям качества, темпа и объема производства и т.п.);

- либо ЛПР стремится достичь наименьшего значения  $f_k(x)$ , т.е. требуется минимизация (это относится к показателям затрат, закупочных цен, экологических загрязнений, сроков изготовления или строительства, потерь, рисков и т.п.).

Оба вида оптимизации эквивалентны, так как минимум любого из критериев несложно превратить в максимум путем линейного преобразования шкалы с отрицательным коэффициентом (например, умножив  $f_k(x)$  на  $-1$ ). На практике обычно выполняют преобразование  $M - f_k(x)$ , где константа  $M$  выбирается превышающей максимальное значение функции  $f_k(x)$ , т.е. преобразованный критерий  $M - f_k(x)$  остается неотрицательным. Такой переход от минимума к максимуму удобен для совместного описания всех видов критериев  $f_k(x)$ , заданных на множестве решений  $X$ , так как нет необходимости изучать отдельно каждый из двух видов оптимизации. Поэтому в дальнейшем для простоты и наглядности (не теряя общности) будем считать, что цель ЛПР — достичь максимума по всем компонентам вектора  $\vec{f}(x)$ .

#### **Обратите внимание!**

Будем предполагать, что все частные критерии  $f_k(x)$  преобразованы так, что они требуют максимизации согласно целям ЛПР.

Отметим, что в некоторых монографиях по теории принятия решений, напротив, частные критерии  $f_k(x)$  преобразуются так, что они требуют минимизации согласно целям ЛПР.

Все  $m$  критериев  $f_k(x)$  объединяют в один вектор, несмотря на то, что они, как правило, заданы в различных шкалах и единицах измерения. Более того, некоторые из них могут быть количественными, а другие — качественными. Можно рассматривать критерии и как нечеткие числа. Все эти соображения не препятствуют рассмотрению оценок решения  $(f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$  как элементов линейного векторного пространства  $\mathfrak{R}^m$ .

#### Определение

Все возможные значения векторных оценок  $(y_1, y_2, \dots, y_m) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$  образуют множество  $Y$  возможных оценок. Это множество лежит в  $m$ -мерном векторном пространстве  $\mathfrak{R}^m$ , которое называется *критериальным пространством*:  $Y \subset \mathfrak{R}^m$ .

Необходимость совместного, т.е. векторного рассмотрения,  $m$  критериев  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$  диктуется требованием корректного определения понятия *доминирования*, т.е. задания отношения порядка в критериальном пространстве. Главное отличие многокритериальной задачи принятия решений от однокритериальной состоит именно в различных свойствах отношений порядка в пространствах  $\mathfrak{R}^1$  и  $\mathfrak{R}^m$ .

Если ЛПР преследует единственную цель, которую можно охарактеризовать количественно (например, прибыль), то соответствующее критериальное пространство  $\mathfrak{R}^1$  — линейно упорядоченное множество<sup>1</sup>. Это означает, что любые оценки  $f(x_1)$  и  $f(x_2)$  двух альтернатив  $x_1$  и  $x_2$  всегда связаны либо отношением  $f(x_1) \leq f(x_2)$ , либо  $f(x_2) \leq f(x_1)$  (либо и то, и другое одновременно:  $f(x_1) = f(x_2)$ ). Однако многомерное пространство  $\mathfrak{R}^m$  при  $m \geq 2$  не является линейно упорядоченным множеством.

#### Обратите внимание!

Практический смысл отсутствия линейной упорядоченности при  $m \geq 2$  заключается в том, что локальные цели ЛПР, соответствующие различным компонентам  $f_k(x)$  векторного критерия, чаще всего оказываются взаимно противоречивыми.

Иначе говоря, функции  $f_k(x)$  в большинстве ситуаций принимают максимальные значения в различных точках множества альтернатив  $X$ . Например, повышение качества приобретаемого товара почти всегда означает более высокую цену, т.е. две цели ЛПР (купить дешевле и приобрести товар высокого качества) противоречат друг другу. Поэтому идеальный с точки зрения ЛПР вариант одновременного максимума всех критериев  $f_k(x)$  практически никогда не достижим на существующем в реальности множестве альтернатив. В рассмотренном случае — самый дешевый и самый высококачественный товары почти всегда различны.

Однако отсутствие линейной упорядоченности в  $\mathfrak{R}^m$  еще не означает полного отсутствия порядка. Действительно, рассмотрим отношение по-

<sup>1</sup> Линейно упорядоченное множество [Электронный ресурс]. URL: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_mathematics/2786/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_mathematics/2786/) (дата обращения: 04.08.2015).

рядка  $\bar{y} > \bar{y}^*$  в пространстве  $\mathfrak{R}^m$ , базирующееся на бинарном отношении порядка  $y_i \geq y_i^*$  в  $\mathfrak{R}^1$ , т.е. определенное соотношением

$$\bar{y} > \bar{y}^* \Leftrightarrow (\forall i = 1, \dots, m: y_i \geq y_i^*, \text{ причем } \exists i: y_i > y_i^*). \quad (9.1)$$

### Определение

Векторная оценка  $\bar{y}$  называется *доминирующей* по отношению к  $\bar{y}^*$ , а  $\bar{y}^*$  — называется соответственно *доминируемой*, если эта пара оценок удовлетворяет отношению порядка (9.1):  $\bar{y} > \bar{y}^*$ .

Смысл понятия доминирования — его можно трактовать как отношение строгого предпочтения векторных критериев. Действительно, векторный критерий оптимальности в задаче многокритериального выбора выражает те же самые интересы ЛПР, что и введенное ранее отношение предпочтения на множестве альтернатив  $X$ . Поэтому отношение порядка на множестве  $Y$  возможных оценок  $\bar{y} = f(x)$  взаимосвязано с отношением предпочтения на множестве альтернатив  $X$ . Последнее (предпочтение ЛПР на множестве вариантов  $X$ ) формализуется математически следующим образом.

### Определение

Альтернативы  $x_j$  и  $x_k$  называются удовлетворяющими отношению *строгого предпочтения*  $>$ , если из пары решений  $x_j$  и  $x_k$  ЛПР всегда выбирает (отдает предпочтение) первому из них, считая его лучшим (более эффективным). Обозначение:  $x_j > x_k$ .

Данное определение позволяет распространить понятие доминирования, введенное для векторных оценок, на альтернативы.

### Определение

Альтернатива  $x$  называется *доминирующей* по отношению к  $x^*$ , а  $x^*$  называется соответственно *доминируемой*, если эта пара решений  $x$  и  $x^*$  удовлетворяет отношению строгого предпочтения:  $x > x^*$ .

Таким образом, понятие доминирования по Парето в целом объединяет два определения доминирования в двух различных пространствах (в критериальном и в пространстве вариантов).

### Обратите внимание!

Доминирование по Парето — совокупность отношений порядка на множествах вариантов  $X$  и их векторных оценок  $Y$ , характеризующая предпочтения ЛПР. Выделение доминирующих и доминируемых альтернатив позволяет выбросить из рассмотрения заведомо не эффективные с позиции ЛПР решения (не отвечающие сформулированным критериям) и тем самым — сократить число сравниваемых альтернатив.

Возникает вопрос о взаимосвязи двух определений доминирования — на множествах альтернатив  $X$  и векторных оценок  $Y$ .

Эта взаимосвязь формулируется математически в виде аксиомы Парето (Вильфредо Парето (1848–1923) — итальянский экономист и социолог<sup>1</sup>).

<sup>1</sup> *Vilfredo Pareto* [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bolenderinitiatives.com/sociology/vilfredo-pareto-1848-1923> (дата обращения: 04.08.2015).

Любая пара альтернатив  $x$  и  $x^*$ , векторные оценки которых  $(y_1, y_2, \dots, y_m) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$  и  $(y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*) = (f_1(x^*), f_2(x^*), \dots, f_m(x^*))$  удовлетворяют отношению порядка  $\bar{y} > \bar{y}^*$ , удовлетворяет также отношению строгого предпочтения альтернатив  $x > x^*$ .

В соответствии с формулой (9.1) векторные оценки  $(y_1, y_2, \dots, y_m)$  удовлетворяют здесь набору неравенств  $y_1 \geq y_1^*, y_2 \geq y_2^*, \dots, y_m \geq y_m^*$ , причем одно из этих неравенств (для некоторого номера  $k$ ) – строгое:  $y_k > y_k^*$ .

Аксиома Парето выражает факт взаимной согласованности предпочтений и критериев оптимальности ЛПР. Иначе говоря, суждения ЛПР, не удовлетворяющие аксиоме Парето, считаются нелогичными (противоречивыми). С точки зрения здравого смысла нарушение аксиомы Парето объясняется в первую очередь неполнотой набора критериев. Действительно, если ЛПР из двух вариантов  $x$  и  $x^*$  не предпочло альтернативу  $x$ , имеющую превосходство по одному из критериев  $y_k$  и не уступающую по всем остальным критериям, – значит, существует критерий, не вошедший в рассматриваемый набор из  $m$  критериев, который помешал ЛПР сделать выбор  $x > x^*$ . В этом случае необходимо лишь дополнить список критериев. Поэтому на практике аксиому Парето всегда считают выполненной.

## 9.2. Парето-оптимальные (эффективные) векторные оценки и варианты, их свойства

Отношение (9.1) остается и при  $m \geq 2$  отношением строгого частичного порядка<sup>1</sup>, т.е. обладает свойствами антирефлексивности ( $\bar{y} > \bar{y}$  – не выполнено), антисимметричности ( $(\bar{y} > \bar{y}^*) \wedge (\bar{y}^* > \bar{y}) \Rightarrow (\bar{y} = \bar{y}^*)$ ) и транзитивности ( $(\bar{y} > \bar{y}^*) \wedge (\bar{y}^* > \bar{y}^{**}) \Rightarrow (\bar{y} > \bar{y}^{**})$ ).

### Обратите внимание!

В отличие от  $\mathcal{R}^1$ , в пространстве  $\mathcal{R}^m$  существуют пары векторных критериев  $\bar{y}, \bar{y}^*$ , как удовлетворяющие отношениям  $\bar{y} > \bar{y}^*$  или  $\bar{y}^* > \bar{y}$ , так и не удовлетворяющие ни одному из этих отношений. Таким образом, критериальное пространство  $\mathcal{R}^m$  – частично упорядоченная группа<sup>2</sup>.

Проиллюстрируем смысл критериального пространства как частично упорядоченной группы геометрически для случая  $m = 2$ , т.е. для двух критериев  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$ . При  $m = 3$ , т.е. в критериальном пространстве  $\mathcal{R}^3$ , геометрическая интерпретация становится менее наглядной. Приведем два примера, отвечающие двум часто встречающимся (и в теории, и на практике) вариантам множества альтернатив  $X$ : дискретному случаю и области возможных вариантов.

**Пример: дискретное множество альтернатив.** Если множество решений  $X \subset \mathcal{R}^2$  дискретно<sup>3</sup>, т.е. все его точки изолированы<sup>4</sup>, то оно может быть либо

<sup>1</sup> Отношение порядка на множестве [Электронный ресурс]. URL: <http://www.algebraic.ru/doku.php?id=glossary:relation:order> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>2</sup> Частично упорядоченная группа [Электронный ресурс]. URL: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_mathematics/6135/ЧАСТИЧНО](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_mathematics/6135/ЧАСТИЧНО) (дата обращения: 27.04.2014).

<sup>3</sup> Дискретное множество [Электронный ресурс]. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/901372> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>4</sup> Изолированная точка множества [Электронный ресурс]. URL: <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/fb5e5bca-c139-49f1-805c-cf5adfc2ca5d/view/> (дата обращения: 04.08.2015).

конечным ( $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ), либо счетным множеством ( $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots\}$ ). На практике ситуация конечного множества может возникнуть, если имеется несколько (например,  $n = 10$ ) вариантов приобретаемого товара, представленных проектов и т.п. Критериями  $y_1$  и  $y_2$  в этом случае могут быть, в частности, цена и качество (товара, проекта).

Каждой альтернативе  $x_k$  с номером  $k$  сопоставим точку  $Y_k$  плоскости  $\mathfrak{R}^2$  с координатами  $y_1 = f_1(x_k)$  и  $y_2 = f_2(x_k)$ . Тогда графическое представление при  $n = 10$  множества возможных оценок  $Y = \{\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_{10}\}$  в критериальном пространстве  $\mathfrak{R}^2$  представляет собой набор изолированных точек  $\{Y_1, Y_2, \dots, Y_{10}\}$  (рис. 9.1). Отметим, что согласно введенному вначале предположению критерий, отвечающий цене (скажем,  $y_1$ ), подвергнут преобразованию  $M - f_1(x)$  так, что минимальной цене соответствует максимальное значение  $y_1$ . В данной ситуации отношение строгого порядка, введенное формулами (9.1), можно интерпретировать в терминах предпочтений ЛПР следующим образом. Если две оценки  $\bar{y}_i$  и  $\bar{y}_k$  удовлетворяют отношению  $\bar{y}_i > \bar{y}_k$ , то точка  $Y_i$  лежит правее и выше точки  $Y_k$ , и тогда ЛПР может исключить вариант  $\bar{y}_k$  как явно менее предпочтительный по сравнению с  $\bar{y}_i$ .

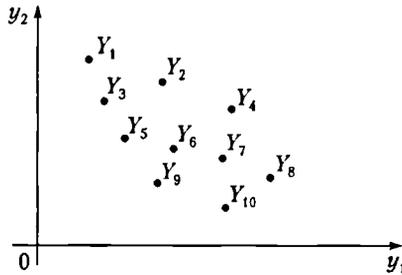


Рис. 9.1. Дискретное множество возможных оценок  $Y$  в двумерном критериальном пространстве  $\mathfrak{R}^2$  и образ соответствующего множества Парето — Эджворта

Из рис. 9.1 очевидно, что, хотя множество возможных оценок  $Y$  и не является линейно упорядоченным множеством, т.е. все 10 альтернатив нельзя выстроить в определенном порядке, но частичная упорядоченность группы позволяет выделить из множества  $Y$  точки  $Y_1, Y_2, Y_4$  и  $Y_8$ , расположенные на рис. 9.1 правее и выше всех остальных вариантов. Иными словами, при выборе наилучшего решения ЛПР может убрать из рассмотрения все остальные альтернативы и выбирать только из четырех:  $x_1, x_2, x_4$  и  $x_8$ . Между собой эти варианты несравнимы согласно формуле (9.1). Величины критериев  $y_1$  и  $y_2$  достигают максимума в различных точках: критерий  $y_1$  достигает максимума в точке  $Y_8$ , тогда как величина  $y_2$  — в точке  $Y_1$ , т.е. одновременный максимум на множестве  $X$  не реализуется. Промежуточные варианты  $Y_2$  и  $Y_4$  представляют собой компромиссные решения, которые вполне могут соответствовать предпочтениям ЛПР.

Такое сужение множества альтернатив  $X$  с исходных 10 до четырех, само собой разумеющееся при взгляде на иллюстрацию, перестает быть наглядным в случае критериальных пространств более высоких размерностей  $m$  или же для более сложных множеств альтернатив  $X$ . Именно изучение в самом общем случае этого сужения, именуемого множеством Парето — Эджворта, и составляет предмет данной главы.

Следующий пример более сложного множества альтернатив  $X$  естественно было бы назвать непрерывным множеством (так как непрерывность — общепринятое противопоставление дискретности<sup>1</sup>), но формально в математике непрерывными считают исключительно линейно упорядоченные множества<sup>2</sup>. Как мы убедились, линейная упорядоченность уже при  $m = 2$  отсутствует. Поэтому назовем множество  $X$  *областью*, представляющей собой с точки зрения топологии *связное* подмножество топологического пространства<sup>3</sup>. Нередко областью считают только открытое множество, но для теории принятия удобнее рассматривать *замкнутую область*, т.е. замыкание области, включающее также границу.

**Пример: область как множество альтернатив.** Если множество решений  $X$  связно, то между любыми «соседними» по величинам критериев альтернативами всегда могут быть промежуточные варианты. Тогда  $X$  обязано быть несчетным множеством. Подобная ситуация возникает, в частности, при выборе оптимальных значений двух управляющих параметров (финансовых регуляторов, технических показателей и т.п.) некоторой системы при условии, что регулировка этих параметров может осуществляться непрерывно в некоторых пределах. Графическое представление множества возможных оценок  $Y$  в критериальном пространстве  $\mathbb{R}^2$  может иметь вид наподобие фигуры  $Y$ , заштрихованной на рис. 9.2.

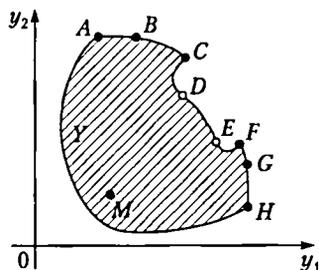


Рис. 9.2. Область возможных оценок  $Y$  в двумерном критериальном пространстве  $\mathbb{R}^2$  и образ соответствующего множества Парето — Эджворта

Как и на рис. 9.1, координаты каждой точки на рис. 9.2 (например, координаты точек  $A, B, C, D, E, F, G, H, M$ ) представляют собой величины критериев  $y_1$  и  $y_2$  для некоторой альтернативы из множества  $X$ . Но здесь, если ЛПР стремится достичь наибольшего значения обоих критериев  $y_1$  и  $y_2$ , т.е. требуется их максимизация, то частичная упорядоченность группы позволяет ЛПР выделить из множества  $X$  альтернативы с образами из отрезков  $BC, DE$  и  $FG$  границы заштрихованной области  $Y$ , расположенными, как и на рис. 9.1, правее и выше всех остальных вариантов. Иными словами, при выборе наилучшего решения ЛПР может убрать из рассмотрения все остальные альтернативы с векторными оценками из заштрихованной области  $Y$  и выбирать только точки трех указанных отрезков.

<sup>1</sup> Дискретность [Электронный ресурс]. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc1p/16662> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>2</sup> Непрерывное множество [Электронный ресурс]. URL: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_mathematics/3416/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_mathematics/3416/) (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>3</sup> Словарь терминов общей топологии [Электронный ресурс]. URL: [http://ru.math.wikia.com/wiki/Словарь\\_терминов\\_общей\\_топологии](http://ru.math.wikia.com/wiki/Словарь_терминов_общей_топологии) (дата обращения: 04.08.2015).

**Обратите внимание!**

Концы отрезков  $BC$  и  $FG$  остаются в числе представляющих интерес для ЛПР, а концы отрезка  $DE$  — нет, так как они доминируемы точками  $C$  и  $F$  соответственно.

В данном случае сужение множества альтернатив, само собой разумеющееся при взгляде на рис. 9.2, тем более (по сравнению с рис. 9.1) перестает быть очевидным в случае критериальных пространств более высоких размерностей  $n$  или же для более сложных множеств альтернатив  $X$ .

**Обратите внимание!**

Приведенные два примера показывают важность сужения множества возможных оценок  $Y$ . Если в первом примере выбор из 4 альтернатив становится значительно проще, чем первоначальный выбор из 10 вариантов, то во втором — не просто уменьшается число альтернатив, но происходит качественное преобразование первоначальной области  $Y$  с конечной площадью в объединение отрезков прямой линии, имеющих нулевую площадь.

Получаемое в результате сужение множества альтернатив  $X$  называется множеством Парето — Эджворта (Френсис Эджворт<sup>1</sup> (Francis Edgeworth, (1845–1926) — английский экономист, родившийся в Ирландии, который впервые, раньше В. Парето, ввел понятие Парето-оптимального решения для двух критериев). Именно с построения этого множества начинается анализ любой задачи теории принятия решений. Практическое применение указанного алгоритма показывает, что нередко, как и в двух приведенных примерах, сужение  $X$  и построение множества Парето — Эджворта настолько ограничивает множество оставшихся вариантов, что дальнейший выбор достаточно несложен и не составляет труда для ЛПР.

**Определение**

Множеством Парето — Эджворта, или множеством Парето-оптимальных решений, называется множество  $P_f(X)$  входящих в  $X$  альтернатив  $x^*$ , которые не являются доминируемыми, т.е. для которых не существует доминирующих альтернатив  $x$ , удовлетворяющих отношению строгого предпочтения:  $x > x^*$ .

Из определения вытекает, что для построения множества Парето — Эджворта необходимо исключить из множества решений  $X$  все доминируемые альтернативы. Иными словами, надо отбросить все такие альтернативы  $x^*$ , для которых найдется хотя бы одна доминирующая альтернатива  $x > x^*$ .

**Обратите внимание!**

Практическая значимость множества Парето — Эджворта обусловлена тем, что любое решение  $x$  из множества альтернатив  $X$ , не входящее в  $P_f(X)$ , заведомо не может быть оптимальным.

Действительно, по определению решение  $x$  будет доминируемым по отношению к некоторому элементу  $x^*$  множества Парето — Эджворта, т.е. ЛПР предпочтет  $x^*$  вместо  $x$ .

<sup>1</sup> Эджворт Ф., Парето В. (краткая справка) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/nogin/m2\\_7.pdf](http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/nogin/m2_7.pdf) (дата обращения: 04.08.2015).

Парето-оптимальным решениям в критериальном пространстве отвечают Парето-оптимальные векторы (оценки).

#### Определение

Парето-оптимальным вектором (или Парето-оптимальной векторной оценкой) называется вектор  $(f_1(x^*), f_2(x^*), \dots, f_m(x^*))$ , соответствующий Парето-оптимальному решению  $x^*$ .

Приведенные примеры позволяют сделать вывод, что главный смысл рассмотрения Парето-оптимальных вариантов и их векторных оценок состоит в значительном сужении исходных множеств  $X$  и  $Y$ , причем любая из оставшихся альтернатив в силу недоминируемости может быть признана оптимальной (лучшей).

#### Обратите внимание!

Парето-оптимальные варианты благодаря свойствам своих векторных оценок образуют существенно более узкое по сравнению с первоначальным множеством  $X$  множество Парето – Эджворта  $P_f(X)$ . Тем самым окончательный выбор ЛПР наилучшего эффективного решения становится намного легче и проще.

Наряду с множеством недоминируемых альтернатив рассматривается и множество недоминируемых векторных оценок.

#### Определение

Множество Парето-оптимальных векторных оценок, т.е. образ множества Парето – Эджворта  $P_f(X)$  в критериальном пространстве называют *фронтом Парето*<sup>1</sup> (иногда *Парето-фронтом* – от англ. *Pareto-frontier*) или *множеством Парето – Эджворта в критериальном пространстве*.

Из свойств алгебраической структуры, обусловленных линейной упорядоченностью группы, вытекает важное свойство Парето-оптимальных векторных оценок.

#### Обратите внимание!

Парето-оптимальные векторные оценки остаются Парето-оптимальными при любых линейных преобразованиях отдельных частных критериев, сохраняющих порядок.

Иначе говоря, такие преобразования шкал измерения, как параллельный перенос (сдвиг) вдоль любой оси критериального пространства или изменение масштаба (т.е. единиц измерения) с положительным коэффициентом, не меняют свойства Парето-оптимальности.

<sup>1</sup> Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». Фронт Парето [Электронный ресурс]. URL: [http://technomag.bmstu.ru/search.html?word=фронт Парето](http://technomag.bmstu.ru/search.html?word=фронт+Парето) (дата обращения: 31.08.2015); Антух А. Э., Семенхин А. С., Хасанова Р. В. Приближенное построение множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации методом роя частиц [Электронный ресурс]. Наука и образование. 2010. № 4. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/141969.html> (дата обращения: 04.08.2015).

### 9.3. Особенности структуры множества Парето — Эджворта; угол предпочтения и геометрическая интерпретация

Геометрические соображения позволяют кратко сформулировать алгоритм сужения множества альтернатив  $X$ , продемонстрированный выше на примерах: следует отбросить все доминируемые альтернативы, оставив лишь доминирующие. Прежде всего, нужно убедиться, что полученное множество  $P_f(X)$  не окажется пустым.

#### Обратите внимание!

Для того чтобы фронт Парето (т.е. образ  $P_f(X)$ ) не был пустым множеством, достаточно выполнения двух условий:

- множество  $Y$  должно быть компактно (замкнуто и ограничено);
- должны существовать ненулевой вектор  $\vec{z}$ , все компоненты которого неотрицательны, и число  $K$  такое, что для всех  $\vec{y}$  из множества  $Y$  выполнено:  $\forall y \in Y: \vec{z} \cdot \vec{y} < K$ .

Последнее условие означает геометрически, что проекция всех векторных оценок из множества  $Y$  на некоторое направление  $\vec{z}$  ограничена константой  $K$ .

Структура множества  $P_f(X)$  определяется процедурой отбора Парето-оптимальных решений, которую удобнее проводить именно в критериальном пространстве, поскольку это нагляднее геометрически и проще для вычислений. Запись алгоритма сужения множества  $Y$  в виде набора неравенств дает возможность построить математическую реализацию этого процесса.

Рассмотрим вначале геометрическую интерпретацию множества Парето — Эджворта и его особенностей для двумерного критериального пространства  $\mathbb{R}^2$  в случае дискретного множества альтернатив, т.е. для ситуации, изображенной на рис. 9.3.

Исключение доминируемых векторных оценок проще всего производить с помощью угла предпочтения.

#### Определение

Углом предпочтения векторной оценки  $(y_1^*, y_2^*) = (f_1(x^*), f_2(x^*))$  называется множество точек в плоскости векторных оценок  $\{(y_1, y_2): y_1 \geq y_1^*, y_2 \geq y_2^*, \text{ причём } (y_1, y_2) \neq (y_1^*, y_2^*)\}$ .

Иначе говоря, угол предпочтения — это прямой угол с вершиной в точке  $(y_1^*, y_2^*)$ , с бесконечными сторонами (лучами), направленными параллельно осям  $y_1$  и  $y_2$  в положительных направлениях осей, причём стороны угла (лучи) в него включаются, но вершина  $(y_1^*, y_2^*)$  не включается.

Применение угла предпочтения для построения множества Парето — Эджворта иллюстрируется на рис. 9.3 для рассмотренного ранее примера — дискретного множества альтернатив (см. рис. 9.1).

Образ множества Парето — Эджворта  $P_f(X)$  определяется путем построения угла предпочтения в каждой из 10 точек  $Y_1, Y_2, \dots, Y_{10}$  множества  $Y$  (на рис. 9.3 угол предпочтения изображен лишь в двух точках  $Y_4$  и  $Y_6$ ). Если в пределах угла предпочтения окажется хотя бы одна из остальных точек  $Y_1, Y_2, \dots, Y_{10}$ , то вершина угла предпочтения доминируема. Например, угол



Параметры альтернативных вариантов решения по повышению качества товара

Показатели	Вариант 0	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Цена нового товара, в % от прежней цены	100	130	150	140
Единовременные затраты на маркетинг и проект, тыс. у.е.	—	90	100	105
Прогноз потерь от брака при сборке нового товара, у.е. в год	4000	3000	2500	2600
Коэффициент изменения полезного эффекта (качества) товара по отношению к старому	1,00	1,30	1,25	1,20

Для решения достаточно сопоставить попарно четыре вектора, включая три столбца табл. 9.1, и вектор оценок «нулевого» варианта (в котором ничего не менять не надо), имеющий показатели соответственно 100 (цена), 0 (затраты), 4000 (потери) и 1,00. При сравнении нужно учесть, что второй и третий показатели (затраты и прогноз потерь) в соответствии с замечанием в начале главы необходимо умножить на  $(-1)$ , чтобы требовалась их максимизация согласно целям ЛПР. Тогда доминируемым оказывается вариант 3, так как он уступает варианту 2 по всем четырем частным критериям. Следовательно, множество Парето — Эджворта состоит из трех вариантов: «нулевого» (имеющего превосходство по второму показателю — затратам) и вариантов 1 и 2.

Вернемся от дискретного множества альтернатив (пример при наличии четырех критериев) к замкнутой области (пример области как множества альтернатив). Применение угла предпочтения для построения  $P_f(X)$  для области как множества альтернатив иллюстрирует рис. 9.4.

Хотя построить угол предпочтения в каждой точке рассматриваемой области нет возможности, но последовательное исключение из множества  $Y$  основных его частей позволяет достаточно быстро определить  $P_f(X)$ .

На первом шаге исключаются все внутренние точки множества  $Y$ , так как пересечение окрестности любой внутренней точки  $M$  с построенным в этой точке углом предпочтения (см. рис. 9.4) — не пустое множество. Следовательно, точки этого множества будут доминирующими по отношению к вершине  $M$ , и она не может быть образом точки множества Парето — Эджворта.

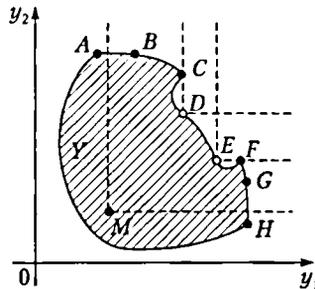


Рис. 9.4. Углы предпочтения для точек  $D, E, M$  области возможных оценок  $Y$  в двумерном критериальном пространстве  $\mathbb{R}^2$  и соответствующий фронт Парето

**Обратите внимание!**

Образ множества Парето — Эджворта области альтернатив  $X$  полностью состоит только из граничных точек соответствующей области векторных оценок  $Y$ . Именно поэтому его называют фронтом (или границей) Парето.

На втором шаге, после отбрасывания всех внутренних точек, исключаются те граничные точки множества  $Y$ , в которых вектор локальной нормали имеет хотя бы одну неотрицательную компоненту.

На рис. 9.4 такими будут все точки отрезков  $AB$ ,  $AH$  и  $GH$  (кроме точек  $A$  и  $G$ ), а также частично — точки отрезков  $CD$  и  $EF$ . Эти точки будут доминируемы ближайшими отрезками границы, попадающими в угол предпочтения.

На третьем шаге исключаются граничные точки множества  $Y$ , доминируемые удаленными точками границы, попадающими в угол предпочтения. На рис. 9.4 это — оставшиеся части отрезков  $CD$  и  $EF$  (включая точки  $D$  и  $E$ ), доминируемые точками  $C$  и  $F$  соответственно.

**Обратите внимание!**

Хотя исходная область  $X$  и область возможных оценок  $Y$  — связные множества, но фронт Парето таковым не является, т.е. состоит из трех отдельных участков.

Таким образом, окончательно множество Парето — Эджворта для примера (область как множество альтернатив) состоит из всех точек  $x$ , отвечающих фронту Парето: криволинейным отрезкам границы  $BC$ ,  $FG$  (включая концы  $B$ ,  $C$ ,  $F$ ,  $G$ ) и  $DE$  (не включая концы  $D$  и  $E$ ).

Из рис. 9.4 нетрудно увидеть существенную особенность структуры фронта Парето (а значит, и множества Парето — Эджворта): при любом, сколь угодно малом повороте области  $Y$  к фронту Парето добавляются заметные (не малые) участки. При повороте по часовой стрелке добавляется отрезок  $AB$ , а при повороте против часовой стрелки — отрезок  $GH$ . Подобное поведение характеризует неустойчивость множества Парето — Эджворта.

**Обратите внимание!**

Множество Парето — Эджворта и фронт Парето неустойчивы относительно малых преобразований, в том числе и линейных преобразований критериального пространства.

Данное утверждение относится не только к приведенному на рис. 9.4 случаю области  $Y$ , но и к дискретной ситуации.

**Обратите внимание!**

Неустойчивость множества Парето — Эджворта и фронта Парето относительно малых (в том числе и линейных) преобразований критериального пространства в дискретном случае может приводить к резкому изменению чисел отбрасываемых и остающихся в множестве Парето — Эджворта альтернатив.

Например, пусть множество возможных векторных оценок  $Y$  имеет вид не области, а дискретного набора, состоящего из точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , и еще семи точек, расположенных на отрезке  $AB$  между точками  $A$  и  $B$ . Тогда нетрудно установить, что фронт Парето содержит всего две точки:  $B$  и  $C$ , так как все

точки отрезка  $AB$ , включая альтернативу  $A$ , доминируемы вариантом  $B$ . Однако поворот множества  $Y$  в критериальном пространстве на любой, сколь угодно малый, угол по часовой стрелке (что отвечает малому линейному преобразованию критериев) немедленно приводит к тому, что все 10 точек окажутся в множестве Парето — Эджворта (т.е. их количество увеличится в пять раз), поскольку ни одну из 10 точек нельзя будет признать доминируемой.

Рисунок 9.4 демонстрирует еще одну важную черту множества Парето — Эджворта: для его построения непригодны методы линейной оптимизации, включая широко распространенные симплексные методы.

#### **Обратите внимание!**

Симплексные методы строят только эффективные вершины, т.е. вершины выпуклого многогранника, в то время как множество Парето — Эджворта даже в линейном случае может оказаться невыпуклым. Следовательно, набор вершин не дает полного представления о его структуре.

На рис. 9.4 отрезок  $DE$  представляет собой ту (весьма значительную) часть множества Парето — Эджворта, которая не может быть найдена симплекс-методами, так как по самой структуре алгоритма всегда будет ими проигнорирована. Между тем на практике именно на этом отрезке может оказаться векторная оценка альтернативы, которая будет оптимальной для ЛПР.

Резюмируя все сделанные выводы, можно заключить, что геометрическая интерпретация множества Парето — Эджворта и фронта Парето с помощью угла предпочтения позволяет наглядно продемонстрировать их структуру.

#### **Обратите внимание!**

Наглядно представить как процесс нахождения множества Парето — Эджворта  $P_f(X)$ , так и получаемые результаты в задаче принятия решений по двум критериям эффективности позволяет упрощенная геометрическая интерпретация. Особенности структуры множества Парето — Эджворта и его образа в критериальном пространстве — фронта Парето — проявляются в их неустойчивости относительно малых преобразований (в том числе и линейных) критериального пространства, несвязности  $P_f(X)$  (даже для связанных исходных множеств вариантов и их векторных оценок) и в невозможности нахождения линейными методами — в частности, широко распространенными симплексными методами.

Отметим, что задачи, подобные рассмотренным в примере для четырех критериев и на рис. 9.4, могут быть решены и другим способом — путем уменьшения числа критериев с помощью объединения отдельных частных критериев. Исторически первым из таких приемов был метод «стоимость — эффективность».

### **9.4. Метод «стоимость — эффективность»**

Метод был разработан в конце 1950-х гг. в США для решения военных задач. В годы ракетно-ядерной гонки США — СССР одной из основных была задача о достаточности системы нападения для преодоления защиты потенциального противника. Для анализа вариантов построения военно-технических систем был предложен подход, согласно которому оценка альтернативных вариантов производилась в три этапа.

1. Моделирование эффективности.
2. Моделирование стоимости.
3. Синтез оценок стоимости и эффективности.

Если других критериев (кроме стоимости и эффективности) не рассматривалось, то задача с двумя критериями сводилась к однокритериальной проблеме, т.е. к оптимизации по одному параметру, которая всегда решает-ся однозначно. При наличии других критериев процедура уменьшает число критериев, сужая тем самым множество Парето — Эджворта.

#### **Обратите внимание!**

Первые два этапа — моделирование эффективности и стоимости — можно рассматривать как объективные: они осуществляются на базе фактических данных, т.е. на базе надежного статистического материала. Как правило, обрабатывается статистическими методами достаточно обширный массив данных, позволяющий минимизировать погрешности отдельных измерений.

На последнем же шаге, при проведении синтеза, обязательно в той или иной форме используется суждение ЛПР. В принципе синтез можно рассматривать как одну из разновидностей объединения частных критериев в один глобальный критерий (функцию полезности)<sup>1</sup>. Наиболее простой и распространенный вариант подобного объединения, появившийся намного раньше метода «стоимость — эффективность» — линейная комбинация (свертка) частных критериев с весовыми коэффициентами, отвечающими важности критериев. Этот подход, известный как классический принцип Бейеса — Лапласа (или его частный случай — принцип недостаточного основания Бернулли — Лапласа), мы рассматриваем в следующих главах. Однако линейность критериев приводит к существенным недостаткам, среди которых главнейший — ухудшение значения одного частного критерия — может быть компенсирован улучшением значения другого, т.е. частные критерии заранее предполагаются сопоставимыми. В отличие от линейных подходов, синтез по методу «стоимость — эффективность» обладает тремя важными особенностями.

Во-первых, предполагается, что шкалы измерения критериев стоимости и эффективности — разные, что не позволяет их непосредственно комбинировать. Например, неприменим наиболее простой метод анализа «затраты — выгоды»<sup>2</sup>, в котором все критерии сводятся к одному путем их выражения в денежном эквиваленте.

Во-вторых, применяемые формулы с самого начала — нелинейные, что исключает применение наиболее разработанной теории линейной оптимизации (в том числе — методов линейного программирования).

В-третьих, наличие максимально простой и наглядной интерпретации привело к очень широкому распространению подхода на практике, особенно — в области медицинской статистики и апробации новых лекарственных препаратов и средств профилактики и лечения<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> *Фатхутдинов Р. А.* Управленческие решения : учебник. 6-е изд., перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2009. 344 с.

<sup>2</sup> Экономические методы оценивания [Электронный ресурс]. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/703842> (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>3</sup> *Muennig P.* Designing and Conducting Cost-Effectiveness Analysis in Medicine and Health Care. San Francisco : Jossey-Bass, 2002. 266 p.

При этом подчеркивается, что «анализ стоимости — эффективности — это исследовательская методология, которая разработана для того, чтобы помочь определить, какое вмешательство обеспечивает наиболее эффективную медицинскую помощь». Важность многокритериального подхода подтверждается экспертами разных стран, несмотря на то, что «многие люди, которые изучают анализ стоимости — эффективности в экономически развитых странах, ставят под вопрос логику эффективности вмешательства, базируясь как на стоимости, так и на эффективности, а не только на основании эффективности. Они утверждают: “Разве не должны мы покупать наилучшее лечение вне зависимости от его стоимости?”»

Первоначально в качестве основного критерия для данного подхода рассматривалось простое отношение показателя эффективности к стоимости, т.е. к объему затрат. Но в дальнейшем потребовались уточнения. В частности, в медицинских приложениях рассматривается критерий вида

$$f(x) = \frac{S_0 - S_1}{Q},$$

где  $S_0$  — стоимость вмешательства;  $S_1$  — расходы, предотвращенные вмешательством;  $Q$  — количество дополнительных лет жизни пациента (откорректированных с учетом ее качества), полученных за счет данного вмешательства.

Каждый из показателей  $S_0$ ,  $S_1$  и  $Q$  требует детальной статистической оценки и весьма непростого тщательного анализа. Скажем, при оценке  $S_1$  необходимо учитывать не только предотвращенные затраты на лечение, но и расходы на будущие визиты к врачу, возможную госпитализацию, на транспортировку и даже затраты, связанные с окружающей средой.

При переходе к новому критерию в плоскости исходных параметров стоимости и эффективности множество Парето — Эджворта видоизменяется путем замены доминирования по двум параметрам понятием доминирования по одному составному параметру  $f(x)$ , ось которого можно геометрически представить в виде направления по нормали к криволинейным линиям уровня  $f(x) = \text{const}$  в сторону возрастания  $f(x)$ .

#### **Обратите внимание!**

На практике в многокритериальных задачах для одного критерия стоимости может быть несколько показателей эффективности, характеризующих различные положительные изменения, которые могут наступить вследствие произведенных затрат.

Например, если рассмотреть в терминах стоимости — эффективности задачу из примера четырех критериев, то к стоимости можно отнести лишь второй из четырех критериев (единовременные затраты на маркетинг и проект), а три остальных следует признать показателями эффективности. Объединить все три критерия в один непросто — для этого требуется дополнительная информация, позволяющая оценить «вес» каждого из частных критериев. Как минимум, в этом примере необходимо знать предполагаемый объем производства товара и срок окупаемости, в течение которого планируется окупить затраты. При этом на самом деле из всех четырех критериев основ-

ной вклад в глобальный критерий вносят только первые два показателя — цена нового товара и одновременные затраты на маркетинг и проект. Если ограничиться рассмотрением лишь первых двух частных критериев, то можно построить углы предпочтения для каждого из вариантов, что приведет к тому же множеству Парето — Эджворта из трех вариантов, которое было получено в результате комплексного рассмотрения всех четырех критериев.

По итогам анализа данных примеров и в целом практических приложений комбинации критериев «стоимость — эффективность» можно прийти к следующим выводам.

#### **Обратите внимание!**

Снижение размерности критериального пространства методом «стоимость — эффективность» по сравнению с линейными подходами обладает такими преимуществами, как простота и наглядность, учет измерений критериев в различных шкалах и нелинейность зависимостей (согласующаяся со структурой множества Парето — Эджворта). Однако специфический характер построения комбинации критериев лишает данный подход универсальности, ограничивает область применения и требует в каждой отдельной задаче тщательной проверки и согласования выбранной комбинации критериев с предпочтениями ЛПР. Кроме того, как будет видно в следующих главах, есть еще один недостаток — при данном подходе нет единого способа учета важности критериев.

### **9.5. Условия Парето-оптимальности**

При  $m \geq 3$  геометрические способы проверки условий Парето-оптимальности утрачивают наглядность, а потому и эффективность. Аналогом угла предпочтения становится область трехмерного пространства  $(y_1, y_2, y_3)$ , определяемая неравенствами  $y_1 \geq y_1^*, y_2 \geq y_2^*, y_3 \geq y_3^*$ , за исключением самой точки  $(y_1^*, y_2^*, y_3^*)$ . Геометрически эту область можно трактовать как первый октант трехмерного пространства (т.е. одну из восьми частей, на которые пространство делят три координатные плоскости), сдвинутый путем параллельного переноса от начала координат к точке  $(y_1^*, y_2^*, y_3^*)$ . Область называют *конусом предпочтения*<sup>1</sup>, имея в виду не конус в обычном понимании (как тело вращения, образуемое вращением прямого луча вокруг оси), а конус в действительном векторном пространстве  $E$ , определяемый как множество  $K \subset E$  такое, что  $\lambda K \subset K$  для любого  $\lambda > 0$ <sup>2</sup>. Сложность пространственных представлений лишает процедуру геометрического построения множества Парето — Эджворта той наглядности, которая присуща углу предпочтения. Поэтому для  $m = 3$  и для большего числа критериев геометрическая интерпретация обычно теряет преимущества. Образ множества Парето — Эджворта становится участком поверхности (или гиперповерхности для  $m > 3$ ), форма которого может оказаться сложной и недоступной для наглядного представления.

Таким образом, геометрическая проверка условий Парето-оптимальности отступает на второй план, а первоочередными становятся аналитические и численные методы.

<sup>1</sup> Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Физматлит, 2007. 256 с.

<sup>2</sup> Математическая энциклопедия: Конус [Электронный ресурс]. URL: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_mathematics/2403](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_mathematics/2403) (дата обращения: 04.08.2015).

Приведем относительно несложный и довольно общий пример, связанный с реальной финансово-экономической деятельностью и иллюстрирующий характерные для таких ситуаций проблемы.

**Пример:** рассматривается многокритериальная задача, которая возникает при хеджировании (передаче ценового риска) — использовании опционов будущих доходов в операциях продажи актива.

Опционы — это контракты, которые гарантируют своему покупателю право (но не обязательство) продать (или купить) какие-либо активы по оговоренной цене, тем самым обеспечивая способ защиты от неблагоприятных изменений цен. В то же время они оставляют возможность получить прибыль при благоприятных изменениях цен. Доход заранее не известен — он представляет собой случайную величину, зависящую от неопределенности рыночных условий. Задан лишь прогноз, согласно которому минимальный уровень дохода  $V$  обеспечивается с вероятностью  $1 - \alpha$ . Задача состоит в оптимизации по трем критериям<sup>1</sup>: получить максимальный уровень величины  $V$  при минимальной вероятности ошибки и минимальных затратах  $Q$  на покупку. Затруднения при анализе связаны с тем, что графики выплат, соответствующие опционам, сложнее по форме, чем аналогичные графики для фьючерсных и форвардных контрактов.

Множество Парето — Эджворта, отвечающее данной многокритериальной задаче, построено с помощью аналитических оценок в работе И. И. Гасанова и Ф. И. Ерешко для некоторого класса встречающихся на практике ограничений и приведено на рис. 9.5. Поскольку для трех критериев  $V$ ,  $\alpha$  и  $Q$  множество Парето — Эджворта  $D$  трехмерно, рис. 9.5 демонстрирует проекцию  $D$  на плоскость двух критериев: уровня дохода  $V$  и  $\alpha$ -квантиля  $S^\alpha$  функции распределения  $F$ , значение которой в заданной точке равно  $\alpha$ . Ось третьего критерия  $Q$  направлена перпендикулярно приведенной на рис. 9.5 плоскости, и ее изображение лишь затруднило бы восприятие иллюстрации.

Отметим, что критерий  $S^\alpha$ , требующий минимизации, в отличие от всех предыдущих примеров, не преобразован согласно замечанию вначале главы, т.е. направление оптимизации здесь не вправо и вверх (как в прежних случаях), а влево и вверх. Множество Парето — Эджворта  $D$  оказывается объединением трех подмножеств  $D_1$ ,  $D_2$  и  $D_3$ , два из которых ( $D_2$  и  $D_3$ ) проектируются в прямые:  $D_2$  — в ось ординат, а  $D_3$  — в прямую, проходящую че-

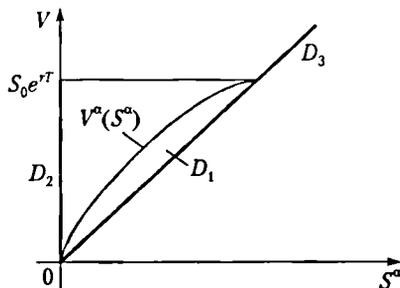


Рис 9.5. Проекция множества Парето-оптимальных оценок в задаче о хеджировании опционов

<sup>1</sup> Гасанов И. И., Ерешко Ф. И. Построение множества Парето в модели хеджирования актива опционами // Экономика и математические методы (ЭММ). 2007. Т. 43. № 1. С. 68–75.

рез начало координат. Однако в трехмерном пространстве  $D_2$  и  $D_3$  представляют собой области в плоскостях, проведенных через эти прямые и ось  $Q$ . Множество  $D_1$  ограничено в плоскости рис. 9.5 кривой  $V^\alpha(S^\alpha)$ , где  $V^\alpha(S^\alpha)$  определяется как корень уравнения  $Z(X_0(V)) = S^\alpha$  относительно переменной  $V$ , где через  $Z(X)$  обозначено выражение

$$Z(x) = X - \frac{P(x)}{P'(x)},$$

в котором  $P(x)$  — заданная цена актива.

Итак, пример рассмотрения многокритериальной задачи подтверждает, что даже при наличии аналитического решения геометрическая интерпретация уже в трехмерном критериальном пространстве не обладает наглядностью и не способна в должной мере дать визуальное представление при проектировании на плоскость.

#### **Обратите внимание!**

Условия Парето-оптимальности проверяются проще всего геометрически с помощью угла предпочтения в задачах с двумя критериями. Но в многокритериальных задачах геометрические способы проверки условий Парето-оптимальности малоприспособны и не обеспечивают простого и наглядного представления проблемы для принятия решений. Более того, проектирование многомерной картины на плоскость двух критериев может приводить к ошибкам<sup>1</sup>.

Таким образом, условия Парето-оптимальности при  $m \geq 3$  требуют иных методов анализа.

### **9.6. Построение и аппроксимация множества Парето — Эджворта**

Аналитические методы при наличии нелинейных критериев и зависимостей также оказываются чересчур сложными и недостаточно эффективными, поэтому практика показывает превосходство численных процедур.

#### **Обратите внимание!**

Для трех и более критериев множество Парето — Эджворта лучше строить, применяя компьютерные программы и алгоритмы.

В случае конечного дискретного множества альтернатив  $X$ , состоящего из  $n$  элементов, задача сводится к попарному сравнению альтернатив. Общее число пар равно  $\frac{n(n-1)}{2}$ , в каждой паре нужно провести  $m$  сравнений по всем  $m$  критериям. Подобные задачи реализуются во многих прикладных программных пакетах, зачастую — в виде встроенных функций. На практике числа альтернатив  $n$  и критериев  $m$  обычно невелики, и в таких случаях время расчета на современных компьютерах можно считать пренебрежимо малым.

Однако для множества альтернатив  $X$  в виде области складывается принципиально иная ситуация. Если нет дополнительных предположений

<sup>1</sup> Лотов А. В., Поспелова И. И. Многокритериальные задачи принятия решений. М. : МАКС Пресс, 2008. 197 с.

о виде множества Парето — Эджворта (например, о его выпуклости), то вычислительная сложность алгоритма его нахождения может быть очень высокой.

Простейший из таких алгоритмов — *сеточный метод*<sup>1</sup>, основанный на сведении непрерывного случая к дискретному. Для этого исходная область  $X$  покрывается мелкой сеткой с узлами в точках  $X_i, i = 1, \dots, N$ , и затем во всех  $N$  узлах вычисляются векторные оценки  $\bar{y}_i = \bar{f}(x_i)$ . При этом число  $N$  быстро возрастает с увеличением размерности исходной области  $X$  и может достигать очень больших значений. Среди оценок  $\bar{y}_i$ , составляющих конечный набор точек в критериальном пространстве, методами парных сравнений выбираются недоминируемые векторы  $\bar{y}_i^*$ , образующие дискретную аппроксимацию множества Парето — Эджворта в критериальном пространстве (или фронт Парето). Соответствующие оценкам  $\bar{y}_i^*$  точки исходной области  $X$  (иначе говоря, прообразы величин  $\bar{y}_i^*$ , т.е.  $\bar{y}_i^* = \bar{f}(x_i^*)$ ) представляют собой дискретную аппроксимацию множества Парето — Эджворта. Для непрерывной аппроксимации (не только в узлах, но и между ними) фронта Парето, представляющего собой поверхность в  $m$ -мерном пространстве  $\mathfrak{R}^m$ , используется многогранник  $P_N$  (определяемый числом  $N$  узлов), т.е. совокупность участков гиперплоскостей в  $\mathfrak{R}^m$ , проходящих через узлы сетки.

Как показывает практика, сеточный метод может требовать неприемлемо высоких вычислительных ресурсов. Действительно, нередки следующие два вида ситуаций.

- Если требуется высокая точность  $\varepsilon$  аппроксимации множеств Парето по  $m$  критериям,  $N$  имеет порядок  $\varepsilon^{-m}$ . В таких случаях число  $N$  узлов сетки может оказаться чрезвычайно большим. Например, при  $\varepsilon = 0,001$  и  $m = 10$  имеем  $N \sim 10^{30}$  — объем вычислений, превосходящий возможности самых мощных компьютеров.

- Когда сложно вычисляются целевые функции, причем эти сложные вычисления требуется повторить  $N$  раз, суммарное время расчетов и требуемые ресурсы также велики.

Поэтому в настоящее время интенсивно развиваются альтернативные методы, основанные на более «умных» алгоритмах, экономящих вычислительные ресурсы путем учета результатов уже произведенных вычислений для оптимизации последующих процедур.

Класс «наивных» методов, выделяемый Люком (S. Luke), основан на лексикографической *турнирной селекции* (*lexicographic tournament selection*<sup>2</sup>) и исходит из того, что частные критерии упорядочены по важности, так что самым важным является, к примеру, критерий  $f_1(x)$ , следующим по важности — критерий  $f_2(x)$  и т.д. Сама по себе идея турнирной селекции широко распространена в практических расчетах благодаря своей простоте. Вместо полного набора сравнений каждого из  $N$  вариантов с каждым производится случайная выборка  $t$  альтернатив — формируется турнир из  $t$  претендентов,

<sup>1</sup> Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений : учебник для вузов. М. : Университетская книга, Логос, 2006. 392 с.

<sup>2</sup> Luke S. Essentials of Metaheuristics. A Set of Undergraduate Lecture Notes [Электронный ресурс]. Department of Computer Science George Mason University, Online Version 2.0. June, 2013. 253 p. URL: <http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/Essentials.pdf> (дата обращения: 04.08.2015).

внутри которого осуществляется попарное сопоставление всех альтернатив. По результатам турнира отбрасываются все доминируемые точки, а также все «худшие»: для этого определяется «фитнес»-функция (т.е. функция пригодности, сходная с целевой функцией), по значениям которой оцениваются возможности двух противоположных исходов — либо альтернатива окажется доминируемой, либо войдет в множество Парето — Эджворта. Турниры повторяются много раз, пока не будет охвачено практически все множество альтернатив. Общее количество операций сравнения (т.е. и объем вычислений) значительно сокращается, поскольку относительно небольшое количество  $\frac{t(t-1)}{2}$  сравнений позволяет в каждом турнире отсе-

ивать постоянную долю альтернатив. Однако «наивные» методы работают не всегда и часто мало эффективны. На практике оказывается непросто подобрать как «фитнес»-функцию, так и величину турнира  $t$ . При малых значениях  $t$  велика вероятность ошибки — отбрасывания точек множества Парето — Эджворта из-за случайного попадания «сильных соперников» в один турнир. При больших  $t$ , сопоставимых с  $N$ , объем вычислений снижается недостаточно быстро из-за роста числа «лишних» сопоставлений.

Чтобы уменьшить число сравнений (а тем самым — и вычислительные затраты), разработаны *адаптивные алгоритмы*, вычислительные схемы которых приспособляются (адаптируются) к ситуации, т.е. меняют свои параметры в разных местах расчетной области<sup>1</sup>. Адаптивные алгоритмы относятся к классу итерационных, т.е. к классу методов последовательных приближений. Выбирается некоторое начальное приближение — например, путем построения крупной сетки с небольшим числом узлов, расчет которой не составляет труда, так как число узлов  $N$  невелико. В дальнейшем каждое следующее приближение строится с учетом информации, полученной на предыдущих шагах. Адаптивные численные схемы отличаются тем, что процедура построения следующего приближения по найденному предыдущему не фиксирована, т.е. зависит от результатов уже выполненного расчета. Главное преимущество адаптивных алгоритмов состоит в возможности экономии ресурсов и расчетного времени за счет более интенсивного поиска в «перспективных» участках (с более высокими величинами частных критериев) и менее интенсивного поиска среди «аутсайдеров».

Для анализа точности адаптивных методов применяются «эталонные» многогранники  $P_N$ , на которых достигается минимум расстояния по Хаусдорфу<sup>2</sup>  $\delta(P_N, P_\gamma)$  между фронтом Парето  $P_\gamma$  и многогранником  $P_N$ . Эти многогранники называются многогранниками наилучшей аппроксимации. Они могут служить образцом аппроксимации образа  $P_\gamma$  множества Парето — Эджворта. Хотя существование таких многогранников доказано теоретически, но практические методы построения многогранников наилучшей аппроксимации отсутствуют. Однако их свойства известны, поэтому они полезны для изучения качества численных методов аппроксимации. В частности, известна асимптотическая оценка порядка величины расстояния

<sup>1</sup> *Eichfelder G.* Adaptive Scalarization Methods in Multiobjective Optimization. Springer, 2008. 256 p.

<sup>2</sup> *Каменев Г. К.* Оптимальные адаптивные методы полиэдральной аппроксимации выпуклых тел. М.: Изд-во ВЦ РАН, 2007. 233 с.

по Хаусдорфу при возрастании числа  $N$  узлов:  $\delta(P_N, P_Y) \sim \text{const} \cdot N^{-2/(m-1)}$  при  $N \rightarrow \infty$ .

### Обратите внимание!

Смысл асимптотической оценки для практических приложений состоит прежде всего в том, что она показывает резкое падение точности аппроксимации  $\delta(P_N, P_Y)$  с ростом числа  $m$  критериев.

Если при  $m = 2$  и  $m = 3$  погрешность составляет соответственно  $N^{-2}$  и  $N^{-1}$ , т.е. точность 1% достигается для  $N = 10$  (при  $m = 2$ ) и  $N = 100$  (при  $m = 3$ ), то при  $m = 9$  погрешность уже имеет порядок  $N^{-0.25}$ , что составит 1% только для  $N = 10^8$ . При этом нужно учесть, что приведенные оценки — лишь погрешности наилучшей аппроксимации, т.е. реальные расчетные приближения могут оказаться значительно менее точными.

### Обратите внимание!

Теоретически обоснованная неточность аппроксимации  $\delta(P_N, P_Y)$  требует использования более точных методов с ростом числа  $m$  критериев.

Один из относительно новых и высокоэффективных классов адаптивных алгоритмов построения множества Парето — Эджворта представляют собой генетические алгоритмы. В генетических алгоритмах проведена аналогия между доминированием по Парето и процессом естественного отбора (селекции) в процессе эволюции, когда выживают только сильнейшие, а слабейшие особи погибают.

Среди генетических алгоритмов в вычислительной практике наиболее часто используются четыре метода<sup>1</sup>:

- метод *VEGA* (*Vector Evaluated Genetic Algorithm*);
- метод *FFGA* (*Fonseca and Fleming's Multiobjective Genetic Algorithm*);
- метод *NPGA* (*Niched Pareto Genetic Algorithm*);
- метод *SPEA* (*Strength Pareto Evolutionary Algorithm*).

Общей для всех генетических алгоритмов является ассоциация точек множества  $X$  с индивидами популяции, количество которых  $N$  при детальной аппроксимации области  $X$  с заданной погрешностью  $\epsilon$  в пространстве альтернатив  $R^k$  имеет порядок  $N \sim \epsilon^{-k}$ . Как и для сеточных методов,  $N$  может быть очень велико: уже для  $k = 6$  и  $\epsilon = 10^{-2}$  получим  $N \sim 10^{12}$ , т.е. триллион точек. При непосредственном сравнении каждого «индивида» с каждым потребовалось бы порядка  $N(N-1)/2 \sim 10^{24}$  операций. Названные четыре генетических алгоритма обеспечивают гораздо более эффективный отбор и отличаются порядком действий для отсева «слабейших».

В методе *VEGA* селекция производится по «переключающимся» частным критериям оптимальности, т.е. поочередно производится отсев (путем сопоставления с доминирующими) наиболее слабых «особей» по каждому из частных критериев. Перебрав все частные критерии  $y_1, y_2, \dots, y_m$ , возвра-

<sup>1</sup> Карпенко А. П., Овчинников В. А., Семенухин А. С. Распределенная программная система для построения множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации динамических систем с использованием параллельного генетического алгоритма [Электронный ресурс] // Наука и образование. 2008. № 7. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/98973.html> (дата обращения: 04.08.2015).

щаемся снова к первому критерию  $y_1$  и т.д. Процесс продолжается по кругу до тех пор, пока не остаются только сильнейшие, не отсеивающиеся «индивидуалы».

В методе *FFGA* при моделировании естественного отбора используется процедура турнирной селекции, т.е. организуется «турнир» между «индивидами», в процессе которого вычисляется ранг каждого «индивида» как число частных критериев, по которым он уступил «соперникам». Пронгравшие «сопернику» по всем показателям из турнира выбывают, т.е. исключаются из множества Парето — Эджворта. Отбор оптимизируется на основе расчета рангов так, чтобы как можно скорее исключить всех «слабейших».

Метод *NPGA* основан на формировании «популяционных ниш» — на отборе не слабейших, а, напротив, сильнейших (т.е. заведомо не доминируемых) по отдельным частным критериям «особей».

Метод *SPEA* является самым эффективным, но в то же время самым сложным из числа рассматриваемых методов: он комбинирует селекцию, основанную на Парето-доминировании (как в методе *FFGA*) с использованием популяционных ниш (*NPGA*).

Несмотря на важные преимущества, адаптивные алгоритмы обладают также некоторыми недостатками, среди которых отметим следующие.

- Во-первых, итеративное построение аппроксимации неудобно при использовании параллельных вычислений на нескольких компьютерах, поскольку число решаемых задач оптимизации может резко меняться от итерации к итерации.

- Во-вторых, практические расчеты показывают, что удобнее всего выполнять построение аппроксимации на специальном ресурсе, а расчет векторного критерия  $\vec{f}(x)$  — на компьютере пользователя; и в этой ситуации наличие итераций приводит к требованию многократного (до нескольких сотен раз) взаимодействия пользователя с ресурсом, что не является практичным, особенно если связь осуществляется через сеть Интернет.

Существует еще ряд вычислительных алгоритмов построения множества Парето — Эджворта различной степени сложности и эффективности, в частности — сигма-метод, методы композитных точек, гиперкубов, динамических соседей, а также метод «хищник — жертва»<sup>1</sup>.

### **Обратите внимание!**

Выбор численного метода построения множества Парето — Эджворта определяется сложностью и особенностями многокритериальной задачи, спецификой предпочтений ЛПР, а также наличием соответствующего программного обеспечения и подходящей вычислительной техники для реализации алгоритмов.

Критерии оценки качества Парето-аппроксимации основаны на следующих основных требованиях к методам Парето-аппроксимации:

- точки найденной аппроксимации должны быть расположены достаточно близко к точному фронту Парето в критериальном пространстве;
- аппроксимация должна покрывать весь фронт Парето;

<sup>1</sup> Карпенко А. П., Семенухин А. С., Митина Е. В. Популяционные методы аппроксимации множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации [Электронный ресурс] // Наука и образование. 2012. № 4. URL: <http://technomag.edu.ru/file/out/505243> (дата обращения: 04.08.2015).

- распределению точек аппроксимации следует быть ближе к равномерному распределению в критериальном пространстве.

В современных методах Парето-аппроксимации для выполнения последнего требования используют специальные механизмы, обеспечивающие приемлемый разброс (*spread*) точек аппроксимации. Наиболее известный механизм такого сорта — механизм *нишевания* (*niching*)<sup>1</sup>. Для оценки равномерности покрытия может быть использована величина, называемая *разреженностью* (*scarcity*), имеющая смысл минимального расстояния между решениями, принадлежащими Парето-аппроксимации. Указанное расстояние может быть измерено с помощью различных метрик, например, с помощью известного манхэттенского расстояния (*Manhattan distance*).

Примеры расчетов аппроксимации фронта Парето с визуализацией результатов, выполненных в ВЦ РАН им. А. А. Дородницына для конкретных практических задач, можно найти в работах, выполненных под руководством А. В. Лотова<sup>2</sup>. В них представлены результаты по следующим проблемам.

- Совместная российско-финско-эстонская программа поддержки инвестиций, направляемых на уменьшение выбросов загрязнителей на тех объектах, которые оказывают влияние на состояние атмосферы в Финляндии. Оптимизация проводилась по шести критериям: затратам на уменьшение эмиссии (загрязнения) в каждом из регионов и удельному (на единицу площади) выпадению кислотных осадков в каждом из регионов.

- Поиск эффективных стратегий улучшения качества воды в реке Ока. Рассматривалось шесть наиболее важных загрязнителей: взвешенные вещества, фосфаты; нитраты; нефтепродукты; соединения железа; биологическое потребление кислорода. В числе критериев — общая стоимость проекта, затраты в отдельных регионах, концентрации загрязняющих веществ по гидрологическим пунктам, расположенным в отдельных регионах, и максимальные концентрации веществ по всей реке.

- Интегральное планирование принятия решений по бассейну реки Werra (Германия).

- Оптимизация финансовых вложений в различные российские банки в различных валютах.

- Оптимизация охлаждения стали водяными струями в металлургическом производстве с учетом многофазности системы и влияния излучения. В качестве критериев были выбраны значения температуры поверхности и градиента температуры в нескольких точках.

- Формирование диспетчерского графика управления расходом воды для каскада водохранилищ на реке Ангара. Задача состояла в выборе значений 132 параметров, которыми описывался диспетчерский график (по шесть параметров кривой расхода для каждого периода при 22 периодах, на которые был разбит год). Требовалось минимизировать восемь критериев, пред-

---

<sup>1</sup> Konak A., Coit D. W., Smith A. E. Multi-Objective Optimization Using Genetic Algorithms [Электронный ресурс] // IE Working Paper 05-008. Rutgers State University of New Jersey, 2005. P. 24. URL: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:DnfDoylaS1QJ:neuro.bstu.by/ai/To-dom/My\\_research/Papers-0/For-courses/MOGA/paper%25252005-008%255B1%255D.pdf+%&cd=4&hl=ru&ct=clnk&gl=ru](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:DnfDoylaS1QJ:neuro.bstu.by/ai/To-dom/My_research/Papers-0/For-courses/MOGA/paper%25252005-008%255B1%255D.pdf+%&cd=4&hl=ru&ct=clnk&gl=ru) (дата обращения: 04.08.2015).

<sup>2</sup> Group on Visualization-based MCDM techniques (Animated and interactive decision maps, feasible goals method, reasonable goals method) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ccas.ru/mmes/mmeda/mcdm.htm> (дата обращения: 04.08.2015).

ставлявших собой различные штрафы (за наличие холостого сброса, за нарушение минимальных уровней водосброса в различные периоды, за превышение уровня водосброса, за понижение уровня отдаваемой мощности и т.п.). Полученные в результате расчета графики значений шести рассмотренных параметров в зависимости от времени в одной из найденных точек множества Парето – Эджворта представлены для иллюстрации на рис. 9.6 (визуализация фронта Парето затруднительна из-за высокой размерности критериального пространства  $m = 8$ ). По оси абсцисс отложено время (год, разбитый на 22 периода), а по оси ординат – значения всех шести параметров расхода, которые регулируются диспетчерами на плотинах гидроэлектростанций, формирующих каскад водохранилищ на реке Ангара (детальная информация об этих шести технических параметрах чересчур обширна, ее можно найти в описании результатов расчета).

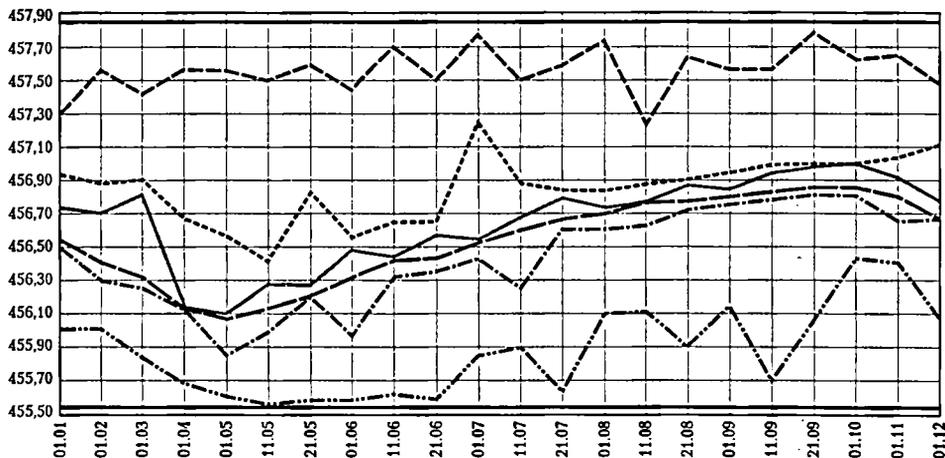


Рис. 9.6. Графики шести рассмотренных параметров по всем 22 периодам года в одной из найденных целевых точек множества Парето – Эджворта, отвечающей значениям восьми критериев  $y_1 = 0,86$ ,  $y_2 = y_3 = y_4 = y_6 = y_7 = 0$ ,  $y_5 = 0,77$ ,  $y_8 = 0,93$ , в задаче о каскаде водохранилищ

Графики иллюстрируют не фронт в критериальном пространстве, а именно множество Парето – Эджворта в пространстве альтернатив. Представленные на рис. 9.6 результаты демонстрируют тот факт, что оптимальные решения нередко не являются гладкими функциями и могут иметь заметные изломы и перепады.

В целом анализ практических приложений компьютерного моделирования фронта Парето позволяет дать следующие рекомендации.

#### **Обратите внимание!**

Для построения и аппроксимации множества Парето – Эджворта при наличии трех и более критериев целесообразно применение компьютерного моделирования и численных алгоритмов (сеточных, «наивных», адаптивных и др.). При этом даже теоретически наилучшая из возможных аппроксимаций фронта Парето имеет существенную погрешность, асимптотическая оценка которой по  $N$  узлам сетки  $(\delta(P_N, P_Y) \sim \text{const} \cdot N^{-2/(m-1)})$  при  $N \rightarrow \infty$  резко возрастает с увеличением числа  $m$  критериев. Поэтому для приближения целесообразно использовать наиболее точные и эффективные численные алгоритмы, к которым отно-

сятся четыре вида генетических алгоритмов, включая методы *VEGA* (*Vector Evaluated Genetic Algorithm*), *FFGA* (*Fonseca and Fleming's Multiobjective Genetic Algorithm*), *NPGA* (*Niched Pareto Genetic Algorithm*) и *SPEA* (*Strength Pareto Evolutionary Algorithm*).

---

Комбинирование численных методов с геометрической интерпретацией и визуализацией множества Парето — Эджворта обеспечивает ЛПР наилучшими возможностями для принятия решений.

### Резюме

В любой задаче принятия решений необходимо строить множество Парето — Эджворта для исключения заведомо неприемлемых альтернатив и сужения круга вариантов при выборе ЛПР. Особенность структуры множества Парето — Эджворта и его образа в критериальном пространстве — фронта Парето — проявляется в том, что они неустойчивы относительно малых преобразований (в том числе и линейных) критериального пространства, могут быть несвязными (даже для связанных исходных множеств вариантов и их векторных оценок) и не могут быть найдены линейными методами. В частности, широко распространенные симплексные методы строят только эффективные вершины, т.е. вершины выпуклого многогранника, в то время как множество Парето — Эджворта даже в линейном случае может оказаться невыпуклым, что определяет его способность хорошо описывать реальность, которая на практике может быть сложнее, чем линейные модели, лежащие в основе симплекс-методов. Для практического построения множества Парето — Эджворта в задаче принятия решений по двум критериям эффективности полезно использовать упрощенную геометрическую интерпретацию, которая позволяет наглядно представить как процесс нахождения данного множества, так и получаемые результаты. При наличии трех и более критериев целесообразно применить компьютерное моделирование и один из множества имеющихся численных алгоритмов. При этом даже теоретически наилучшая из возможных аппроксимаций фронта Парето имеет существенную погрешность, асимптотическая оценка которой резко возрастает с увеличением числа критериев. Поэтому для приближения целесообразно использовать наиболее точные и эффективные численные алгоритмы.

### Вопросы и задания по главе для самостоятельной работы

1. Дайте определение понятия «критериальное пространство».
2. Что выражает аксиома Парето? Что можно сказать о суждениях ЛПР, не удовлетворяющих аксиоме Парето?
3. Как связаны доминирующая и доминируемая альтернативы?
4. Каким соотношением связаны векторные оценки доминирующей и доминируемой альтернатив?
5. Какое множество называется множеством Парето-оптимальных решений?
6. Чем обусловлена практическая значимость множества Парето — Эджворта?
7. Какое множество называется фронтом (границей) Парето?
8. Какое множество удобнее строить — фронт Парето или множество Парето — Эджворта и почему?

9. Как преобразуют критерии типа затрат, закупочных цен, экологических загрязнений, сроков изготовления или строительства, потерь, рисков и т.п., для которых ЛПР стремится достичь наименьшего значения? С какой целью выполняется преобразование?

10. В задачах с каким числом критериев применяется угол предпочтения?

11. Что собою представляет угол предпочтения векторной оценки  $(y_1^*, y_2^*)$ ?

12. Как применяется угол предпочтения для построения множества Парето – Эджворта?

13. Какое множество точек служит аналогом угла предпочтения в задаче с тремя критериями? Как его называют?

14. Организация планирует установить прикладной математический программный продукт для научной и инженерной работы и в образовательных целях. Выбирается один из трех наиболее популярных математических пакетов (Waterloo Maple, Wolfram Mathematica, MathWorks MATLAB), характеристики которых (по тестам, в процентах от наилучшего результата, за исключением цены, указанной в тыс. у.е.) приведены в табл. 9.2<sup>1</sup>. В числе критериев – математическая функциональность, возможности графического представления и визуализации, программирования вычислительных алгоритмов, обработки массивов данных, поддержки различных платформ и операционных систем, а также цена для организаций. Какие из трех вариантов входят в множество Парето – Эджворта? Какими ограничениями записывается конус предпочтения для Maple? Сколько и каких частных критериев нужно убрать, чтобы множество Парето – Эджворта сузилось на одну альтернативу? На две альтернативы?

Таблица 9.2

Характеристика математических пакетов

Критерий	Математические пакеты		
	Maple	Mathematica	MATLAB
Математика	76%	75%	69%
Графика	48%	69%	87%
Программирование	42%	63%	68%
Работа с данными	38%	54%	57%
Платформы ОС	100%	100%	90%
Скорость	18%	31%	66%
Цена (тыс. у.е.)	1,245	1,095	3,150

15. Из каких точек состоит фронт Парето для замкнутой области альтернатив  $X$ ?

16. Множество векторных оценок в плоскости  $(y_1, y_2)$  определяется неравенствами  $y_1 \geq 0, 0 \leq y_2 < 16 - 20y_1 + 8y_1^2 - y_1^3$ . Построить аналитически и графически фронт Парето, если значения обоих критериев  $y_1$  и  $y_2$  согласно предпочтениям ЛПР требуется максимально увеличить.

17. Почему фронт Парето для трех и более критериев не строит геометрически?

18. Каким методом лучше строить множество Парето – Эджворта в области альтернатив для трех и более критериев?

19. Что представляют собой многогранники наилучшей аппроксимации? Как они связаны с множеством Парето – Эджворта? Для чего они полезны? Каков практический смысл относящейся к ним асимптотической оценки?

20. Чем отличаются адаптивные методы расчета фронта Парето? В чем их преимущества и недостатки?

21. Чем обусловлен выбор численного метода построения множества Парето?

<sup>1</sup> Steinhaus S. Comparison of mathematical programs for data analysis [Электронный ресурс]. URL: <http://www.exponenta.ru/educat/free/compare/ncrunch4.pdf> (дата обращения: 04.08.2015).

## Темы рефератов и докладов

1. Метод «стоимость — эффективность» и примеры его применения для построения множества Парето — Эджворта в практических приложениях.
2. Визуализация фронта Парето с применением пакетов прикладных программ.
3. Демонстрация на примерах преимуществ и недостатков адаптивных численных методов построения множества Парето — Эджворта по сравнению с сеточными алгоритмами.
4. Селекция по «переключающимся» частным критериям оптимальности, основанный на ней численный метод *VEGA (Vector Evaluated Genetic Algorithm)* и его особенности как генетического алгоритма построения множества Парето — Эджворта.
5. Процедура турнирной селекции, основанный на ней численный метод *FFGA (Fonseca and Fleming's Multiobjective Genetic Algorithm)* и его особенности как генетического алгоритма построения множества Парето — Эджворта.
6. Механизм нишевания (*niching*) — формирования «популяционных ниш», основанный на ней численный метод *NPGA (Niche Pareto Genetic Algorithm)* и его особенности как генетического алгоритма построения множества Парето — Эджворта.
7. Сигма-метод (*sigmamethod*) Мостагхима (S. Mostaghim) и Тича (J. Teich) как альтернативный (генетическим алгоритмам) метод нахождения фронта Парето.
8. Дерево доминирования (*dominatedtree*) — основа метода композитных точек Филдседа (J. E. Fieldsend) и Сингха (S. Singh) построения множества Парето — Эджворта.

## Рекомендуемая литература

### *Литература на русском языке*

1. Гасанов, И. И. Построение множества Парето в модели хеджирования актива опционами / И. И. Гасанов, Ф. И. Ерешко // Экономика и математические методы (ЭММ). — 2007. — Т. 43. — № 1. — С. 68–75.
2. Каменев, Г. К. Оптимальные адаптивные методы полиэдральной аппроксимации выпуклых тел / Г. К. Каменев. — М.: Изд-во ВЦ РАН, 2007. — 233 с.
3. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений: учебник для вузов / О. И. Ларичев. — М.: Университетская книга; Логос, 2006. — 392 с.
4. Лотов, А. В. Многокритериальные задачи принятия решений / А. В. Лотов, И. И. Поспелова. — М.: МАКС Пресс, 2008. — 197 с.
5. Лотов, А. В. Конспект лекций по теории и методам многокритериальной оптимизации / А. В. Лотов, И. И. Поспелова. — М.: МГУ, 2014. — 127 с.
6. Ногин, В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход / В. Д. Ногин. — М.: Физматлит, 2005. — 176 с.
7. Орлов, А. И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений: учебник / А. И. Орлов. — М.: КлючРус, 2013. — 576 с.
8. Подиновский, В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. — М.: Физматлит, 2007. — 256 с.
9. Соболев, И. М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболев, Р. Б. Статников. — М.: Дрофа, 2006. — 175 с.
10. Фатхутдинов, Р. А. Управленческие решения: учебник / Р. А. Фатхутдинов. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2009. — 344 с.

### *Литература на иностранных языках*

1. Eichfelder, G. Adaptive Scalarization Methods in Multiobjective Optimization / G. Eichfelder. — Springer, 2008. — 256 p.
2. Interactive decision maps. Approximation and Visualization of Pareto Frontier / A. V. Lotov, V. A. Bushenkov, G. K. Kamenev. — Boston: Kluwer Academic Publishers, Hardbound, 2004. — 336 p.

*Интернет-источники*

1. *Антух, А. Э., Семенихин, А. С., Хасанова, Р. В.* Приближенное построение множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации методом роя частиц [Электронный ресурс] // Наука и образование. — 2010. — № 4. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/141969.html> (дата обращения: 04.08.2015).

2. *Карпенко, А. П., Овчинников, В. А., Семенихин, А. С.* Распределенная программная система для построения множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации динамических систем с использованием параллельного генетического алгоритма [Электронный ресурс] // Наука и образование. 2008. — № 7. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/98973.html> (дата обращения: 04.08.2015).

3. *Карпенко, А. П., Семенихин, А. С., Митина, Е. В.* Популяционные методы аппроксимации множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации [Электронный ресурс] // Наука и образование. — 2012. — № 4. URL: <http://technomag.edu.ru/file/out/505243> (дата обращения: 04.08.2015).

# Ответы на вопросы и задания

## К главе 1

1. Система есть совокупность взаимосвязанных элементов, обеспечивающих ее функционирование и направленных на достижение целей ее создания и (или) развития.

2. Система становится объектом управления в том случае, если ее функционирование не отвечает целям ее создания и (или) развития.

3. Под оптимальным понимается состояние системы, при котором значения характеристик, описывающих элементы системы и их взаимосвязь, обеспечивают системе реализацию целей ее создания и функционирования.

4. Перевод системы в оптимальное состояние возможен за счет изменения ее состояния или за счет ее преобразования.

5. —

6. Под управленческим решением подразумевается результат мыслительной деятельности человека в отношении определенных параметров перевода социально-экономической системы из одного состояния в другое, направленный на реализацию целей ее создания и (или) функционирования.

7. Как процесс УР есть выполнение следующих основных процедур: информационной подготовки, разработки вариантов, согласования вариантов, выбора одного варианта, утверждения, реализации, контроля выполнения УР и информирования инициатора решения. Как явление УР есть набор мероприятий, направленных на разрешение рассматриваемой проблемы в форме постановления, приказа или распоряжения, данной в устном или письменном виде.

8. Жизненный цикл управленческого решения — это совокупность последовательно реализуемых и протекающих во времени этапов, каждый из которых имеет свою цель и содержание, однако цели и содержание каждого из этих этапов подчинены общей цели построения и реализации УР.

9. Содержание каждого из этапов — это есть совокупность действий по достижению цели, сформулированной для каждого из этапов жизненного цикла.

10. —

11. Генерирование альтернативных вариантов управленческого решения может осуществляться с учетом возможных, выделенных на первом этапе ЖЦ критериев достижения цели УР, с использованием общих и профессиональных источников информации, на основе применения различных методов исследования, в том числе экономико-математических и инструментальных методов.

12. Так как ресурсное обеспечение реализации управленческого решения является обязательным, но не всегда возможным для любого варианта УР.

13. Для выбранного управленческого решения необходим заново анализ используемых для его реализации ресурсов, так как уточненные необходимые ресурсы могут не соответствовать имеющимся ресурсным возможностям.

14. —

15. Процедура принятия УР — это утверждение ЛПР управленческого решения в виде определенного документа, обязательного к исполнению.

16. Этап реализации управленческого решения подразумевает действия, связанные с выполнением требований, содержащихся в документе, которым было принято соответствующее УР.

17. —

## К главе 2

1. Концепция максимизации полезности, в соответствии с которой на основе имеющейся информации, заданного критерия оптимизации и известных правил (методов и алгоритмов) определяется оптимальное решение.

2. Концепция ограниченной рациональности, в соответствии с которой на основе определенных правил предпочтения, определяющих отбор альтернатив, отыскивается решение, удовлетворяющее ЛПР (не обязательно оптимальное).

3. Под стратегией принятия решения понимается совокупность правил и действий по отбору окончательного формируемого решения, определяемая содержанием концепции принятия решения, а также реализующими ее (концепцию) правилами предпочтения альтернатив и способами (методами) расчета критериальных оценок.

4. Стратегии компенсации и стратегии исключения.

5. Субъективный характер формирования правил предпочтения, выбора способа критериальной оценки и отбора окончательного решения, который определяет возможность проявления феноменов — таких вариантов психологического поведения людей, которые могут привести к нежелательному расхождению реальных и ожидаемых результатов.

6. За счет рассмотрения лишь ограниченного числа альтернатив и их последствий; установления так называемых уровней требований и притязаний по всем возможным последствиям, к которым может привести та или иная альтернатива; выбора первой альтернативы, которая, как правило, не является оптимальной, но удовлетворяет всем уровням требований и притязаний.

7. Это стиль, вариант принятия решения, который отражает личностные особенности ЛПР. Примеры: вариант управленческого типа принятия решения, вариант импульсивного принятия решения, вариант инертного принятия решения, рискованный вариант, вариант осторожного типа принятия решения.

8. Больше внимание к потерям, чем к выигрышу; зависимость отношения человека к риску от формулировки задачи выбора; завышение малых вероятностей, но занижение средних и больших вероятностей и т.п.

9. Феномен оценки вероятностей случайных событий, феномен репрезентативности, феномен доступности и т.д.

## К главе 3

1. С позиций системного подхода управленческое решение является воздействием системы управления на управляемую систему.

2. Факторы: вид управляемой системы; предметная область, к которой относится исследуемая управляемая система; сложность исследуемой управляемой системы; вариант изменения во времени характеристик, описывающих систему.

3. Факторы: временной горизонт формулировки цели ЛПР; соотношение интересов ЛПР по ИУС (объекту управления) и целей создания и (или) функционирования ИУС; наличие субъектов, имеющих свои интересы в отношении ИУС (объекта управления); вариант учета интересов других субъектов в отношении ИУС (объекта управления); вариант воздействия на ИУС (на объект управления), т.е. вариант представления объекта управления как набора характеристик, описывающих управляемую систему.

4. Временной горизонт формулировки цели ЛПР в отношении ИУС — период времени функционирования исследуемой управляемой системы, в рамках которо-

го формулируется цель ЛПР. Горизонт планирования управленческого решения — это период времени функционирования исследуемой системы, с учетом которого вырабатывается УР.

5. Соотношение интересов ЛПР по ИУС (объекту управления) и целей создания и (или) функционирования ИУС должно учитываться при формировании цели ЛПР. Его влияние на другие параметры управления проявляется в том, что оно должно учитываться при оценке эффективности альтернативных УР и выборе окончательного УР.

6. Наличие субъектов, имеющих свои интересы в отношении исследуемой управляемой системы, должно учитываться при формулировке самой цели ЛПР в отношении ИУС (объекта управления), цели соответствующего УР, а также при построении альтернативных УР, в частности, при формировании частных критериев, конкретизирующих цель УР, и при отборе характеристик, описывающих объект управления и отвечающих соответствующим частным критериям.

7. Под полным согласованием интересов всех субъектов, заинтересованных в ИУС (в объекте управления), осуществляемом лицом, принимающим решение, понимается процесс:

- определения других, кроме ЛПР, субъектов, имеющих интерес к объекту управления;
- анализа интересов заинтересованных субъектов в отношении объекта управления;
- отбора всех однонаправленных с интересами ЛПР (непротиворечивых) интересов других субъектов;
- отбора всех противоречивых интересов других субъектов и выработки по ним мер, механизмов, рычагов, которые либо снимают противоречивость интересов совсем, либо уменьшают ее до минимально возможного уровня;
- учета всех однонаправленных и оставшихся противоречивых интересов других субъектов в цели ЛПР относительно исследуемой управляемой системы (относительно объекта управления), а также в цели и содержании соответствующего управленческого решения.

8. Лицо, принимающее решение.

9. Вариант учета интересов разных субъектов в отношении ИУС должен учитываться при формулировке общей цели УР, а также при формулировке частных критериев, конкретизирующих общую цель УР; при определении наборов характеристик ИУС, отвечающих выбранным частным критериям; при выборе соответствующих методов принятия решений.

10. Влияние варианта воздействия ЛПР на исследуемую управляемую систему (объект управления) на другие параметры управления проявляется в том, что он определяет набор характеристик, описывающих объект управления для каждого из альтернативных управленческих решений.

11. К факторам, определяемым спецификой самой процедуры формирования управленческого решения, относятся: Ф-10 — «Информация, имеющаяся по исследуемой предметной области», Ф-11 — «Методы принятия решения и условия их применения».

12. Эффективность управленческих решений с управленческих (системных) позиций оценивается с учетом соотношения интересов ЛПР по ИУС и целей создания и (или) функционирования ИУС (фактор Ф-6).

13. Объединение двух подходов к построению УР — на основе его жизненного цикла и на основе управленческого (системного) подхода, позволяет реализовать следующие преимущества построения УР — определенную независимость последовательно реализуемых этапов формирования УР и учет влияния на содержание управленческого решения факторов, обусловленных спецификой ИУС, цели ЛПР и самой процедуры УР как воздействия на ИУС.

1. Информационные системы — это системы, предназначенные для сбора, хранения и обработки информации, в основе которых лежит компьютерная среда переработки, хранения и доступа к данным с соответствующим области применения уровнем надежности хранения и эффективности доступа.

2. Под управлением организацией понимается обеспечение достижения цели путем реализации управленческих функций разного уровня — организационной, плановой, учетной, аналитической, контрольной и др.

3. Стратегический уровень целеполагающего управления, оперативный уровень функционального регулирования, тактический уровень информационного обеспечения, тактический уровень операционного исполнения.

4. Данные представляют собой результаты измерений характеристик наблюдаемого объекта. Информация возникает в момент представления объективных данных в выбранной субъектом форме. Знание — это значение субъективной информации в рамках известных общепринятых моделей и правил.

5. Обратная связь — это воздействие результатов функционирования какой-либо системы или объекта на характер этого функционирования.

6. Аналитика данных, визуализация информации, извлечение знаний, имитационный анализ, синтез управления, оптимизация управления.

7. Всю информацию, используемую ЛПР в процессе принятия решений, разделяют на три типа: формализованную, частично формализованную и неформализованную. В соответствии с этим определяются и типы решений — структурированные, частично структурированные и неструктурированные.

8. Системы обработки транзакций (TPS), системы работы со знаниями (KWS), системы автоматизации офиса (OAS), информационные системы менеджмента (MIS), системы поддержки принятия решений (DSS), системы поддержки деятельности руководителя (ESS).

9. Системы обработки транзакций — это базовые системы, обслуживающие уровень операционного исполнения в организации, предназначенные для автоматического выполнения большого числа стандартных операций или транзакций.

10. Системы работы со знаниями обслуживают информационные потребности на тактическом уровне обеспечения информацией процесса принятия решений, используя разнородную, многопрофильную информацию различной степени формализации.

11. Системы автоматизации офиса обслуживают информационные потребности на тактическом уровне обеспечения информацией, но в отличие от систем работы со знаниями имеют дело с почти полностью формализованной информацией, принимаемые с помощью таких систем решения в большой степени структурированы и результаты легко прослеживаются.

12. Информационные системы менеджмента предоставляют всем менеджерам среднего и высшего звена текущую информацию о точности выполнения решений, регулирующих основные бизнес-процессы в организации.

13. Системы поддержки принятия решений позволяют конечным пользователям интерактивно работать со всеми типами информации, проводить аналитические исследования, строить модели и разыгрывать сценарии для решения слабоструктурированных и даже неструктурированных проблем в инновационных проектах.

14. Системы поддержки деятельности руководителя позволяют принимать неструктурированные решения на стратегическом уровне управления организацией и проводить системный анализ информации из внешней среды лучше, чем любые прикладные и специализированные ИС.

## К главе 5

1. Система поддержки принятия решений — это информационно-аналитический комплекс, используемый лицом, принимающим решение, для получения информации и методологической поддержки подготовки управленческого решения; сведений об экономико-математических методах и инструментальных средствах, применяемых для обработки анализируемой в процессе подготовки решения исходной и оперативной информации; результатов переработки этой информации в виде, удобном для подготовки принятия решения; альтернативных или окончательных управленческих решений.

2. Основная цель создания и функционирования СППР в сфере экономики и управления — предоставление лицу, принимающему решение (ЛПР), определенной информации и сведений, необходимых для обоснованного принятия окончательного решения.

3. Первый методологический аспект создания СППР — возможные результаты функционирования СППР. Он выделяет СППР, направленные только на переработку исходной информации; на переработку информации и построение альтернативных и (или) окончательных решений; на построение альтернативных решений и (или) окончательных решений.

4. Второй методологический аспект — степень охвата системой поддержки принятия решений методологической информацией. Он выделяет СППР, рассматриваемые в широком и узком смысле.

5. Третий методологический аспект — структура системы поддержки принятия решения, являющаяся следствием степени охвата СППР методологической информацией. СППР, рассматриваемые в широком смысле, содержат три подсистемы, а СППР, рассматриваемая в узком смысле, — одну подсистему, совпадающую со всей системой.

6. Четвертый методологический аспект — вариант формирования решений внутри системы. Он выделяет обычные СППР, в которых решение формируется на основе правил, заложенных в систему заранее, и СППР более высокого уровня: интеллектуальные системы поддержки принятия решений, в которых решение формируется по правилам, сгенерированным самой системой на основе исходных данных и базы знаний, и экспертные системы, в которых решение формируется не только на основе использования исходных данных, базы знаний, но и на основе диалога системы с ЛПР (специалистом), имеющим опыт в исследуемой области.

## К главе 6

1. Методологические принципы исследования операций:

- системный подход к анализу проблемы и постановки задач;
- исследование проводится комплексно, по различным направлениям;
- в качестве основного метода анализа и синтеза оптимальных решений используется математическое моделирование исследуемых объектов и операций.

2. Задачи, рассматриваемые в теории принятия решений, отличаются от задач исследования операций тем, что для их решения недостаточно объективных моделей и требуется привлечение дополнительной информации от ЛПР, которая может быть основана на его опыте и интуиции.

3. *а.* Измерение возможно при условии установления единицы для измерения величины.

*б.* Измерение возможно при условии материализации единицы измерения техническим средством.

*с.* Измерение возможно при условии неизменности во время измерения размера единицы измерения.

4. Конкретность, измеримость, достижимость, релевантность, привязанность к определенному периоду времени.

5. Абсолютная шкала.

6. Проблемной ситуацией объекта управления называется неудовлетворительное состояние управляемой системы с точки зрения целей ЛПР.

7. Целью моделирования проблемной ситуации является определения целей, критериев и методов формирования искомого УР на основе изучения ее некоторой модели, которая позволяет провести анализ исторических и актуальных данных о состоянии объекта управления, выявить существенные внешние и внутренние факторы и их связи, определить возможные варианты развития внешних и внутренних условий, которые существенно влияют на состояние управляемого объекта.

8. При моделировании проблемной ситуации используются, например, следующие методы: имитационное моделирование, математическое моделирование, функциональное моделирование, экспертные системы, когнитивное (познавательное) моделирование, интеллектуальный анализ данных.

9. Иррефлексивными и асимметричными отношениями будут только отношения строгого порядка ( $<$ ), заданное на множестве натуральных, целых, рациональных или вещественных чисел, и отношения ( $>$ ) — строгого порядка по всем координатам вектора, ( $\geq$ ) строгого порядка хотя бы по одной из координат вектора, ( $\varphi$ ) — лексикографического порядка, заданные на векторном пространстве  $\mathcal{R}^n$ .

10. Множество допустимых решений; векторный критерий; отношение предпочтения ЛПР, заданное на множестве допустимых решений.

11. Специфика ЗПР проявляет себя в значениях ряда параметров, описывающих эти задачи.

12. Значениями параметров, описывающих эти задачи.

13. Особенности ЗПР отражаются в условиях и предпосылках применения соответствующих методов решения, поэтому классификации задач принятия решений и методов их решения тесно связаны между собой.

14. —

15. Допустимые преобразования:  $f(x) = x$ . Тип используемой информации: количественная.

16. «Признак» характеризует каждую отдельно взятую единицу изучаемой совокупности в то время, как под «показателем» понимается характеристика группы единиц или совокупности в целом.

## К главе 7

1. Отказ от выбора означает, что множество значений функции выбора данной задачи не содержит ни одного элемента, т.е. является пустым множеством.

2. 2.

3. 1)  $K31 Q_1 K17, K31 Q_1 K5, K17 Q_1 K5, Q_1$  — отношение строгого предпочтения; 2)  $K17 Q_2 K5, Q_2$  — отношение эквивалентности; 3)  $K5 Q_3 K31, K31 Q_3 K17, Q_3$  — отношение строгого предпочтения.

4. Отношение предпочтения является полным, рефлексивным, антисимметричным и транзитивным.

5. Данное отношение эквивалентности порождает три класса. Классом эквивалентности числа 2 является множество  $\{2, 5, 8, 11, 14, 17, 20\}$ .

6. Нельзя, так как отношение предпочтения в данной игре не обладает свойством ацикличности.

7. В первом случае наилучшими будут такие альтернативы, для которых значение заданной целевой функции будет оптимальным (минимальным или максимальным). Во втором случае наилучшими будут альтернативы, для которых не только значение заданной целевой функции будет оптимальным, но и будут выполняться дополнительные заданные функциональные ограничения.

8. Они являются случайными элементами.

9. По определению

$$F_{\xi}(t) = \begin{cases} 0, & t < a, \\ \frac{t-a}{b-a}, & a \leq t \leq b, \\ 1, & t > b; \end{cases} \quad E_{\eta}(t) = \begin{cases} 0, & t < c, \\ \frac{t-c}{d-c}, & c \leq t \leq d, \\ 1, & t > d. \end{cases}$$

Тогда  $F_{\xi} \geq_1 F_{\eta}$ , если  $a \geq c, b \geq d$ .

10. Для первой меры риска  $g(x) = x^3, M = E(\xi)$ , второй —  $g(x) = x^2, M = 0$ .

11.  $U(\xi) = \int_0^1 \sqrt{t} dt = \frac{2}{3}$ ,  $U(\eta) = \int_1^2 \sqrt{t} dt = \frac{2}{3}(2\sqrt{2}-1)$ . Откуда видим, что  $U(\xi) < U(\eta)$ ,

следовательно,  $\eta \geq_u \xi$ .

12. Обе функции позволяют сравнивать случайные результаты принятия решения с помощью некоторого числового значения. При этом функция риска показывает среднее отклонение от ожидаемого значения.

### К главе 8

1.  $Y = \text{Im}(f) \subset \mathfrak{R}^m$ , где  $m$  — количество критериев, а  $f$  — векторный критерий ЗПР.

2. Пусть  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  — множество помещений торгового центра, сдаваемых в аренду,  $n$  — количество сдаваемых помещений. Тогда обозначим  $f_1(x_i)$  — стоимость арендной платы,  $f_2(x_i)$  — удаленность от центрального входа,  $f_3(x_i)$  — стоимость ремонта помещения  $x_i \in X$ . Тогда математическая модель данной задачи будет иметь вид  $\langle X; f_1, f_2, f_3 \rangle$ , размерность пространства критериальных оценок равна 3. При этом все три рассмотренные критериальные функции являются негативными и поэтому ЛПР стремится к уменьшению их значений.

3. Вариант 3  $\geq_L$  Вариант 1  $\geq_L$  Вариант 2.

4. Будут. При этом ЛКЗ будут совпадать для всех точек, находящихся на одной кривой безразличия, только если эта кривая является прямой линией.

5. ЛКЗ в произвольной точке  $A(y_1, y_2)$  равен взятому со знаком минус тангенсу угла наклона к оси  $Oy_2$  касательной, проведенной к кривой безразличия в точке  $A(y_1, y_2)$ .

6. 1, 3, 4.

7.  $\lambda = \frac{a}{b}$ .

8. Если для произвольных четырех точек вида  $B(y_1^0, y_2^0)$ ,  $C(y_1^0, y_2^1)$ ,  $D(y_1^1, y_2^0)$  и  $E(y_1^1, y_2^1)$  будет выполнено условие соответственных замещений  $\lambda_B \cdot \lambda_E = \lambda_C \cdot \lambda_D$ , где  $\lambda_B, \lambda_C, \lambda_D, \lambda_E$  — ЛКЗ в точках  $B, C, D$  и  $E$  соответственно.

### К главе 9

1. Под критериальным пространством понимают  $m$ -мерное векторное пространство  $\mathfrak{R}^m$ , которое содержит множество  $Y$  возможных векторных оценок принимаемых решений.

2. Аксиома Парето выражает факт взаимной согласованности предпочтений и критериев оптимальности ЛПР. Суждения ЛПР, не удовлетворяющие аксиоме Парето, следует считать нелогичными (противоречивыми).

3. Альтернатива  $x$  — доминирующая по отношению к альтернативе  $x^*$ , а  $x^*$  — соответственно доминируемая, если пара решений  $x$  и  $x^*$  удовлетворяет отношению строгого предпочтения:  $x > x^*$ .

4. Векторные оценки  $(y_1, y_2, \dots, y_m)$  и  $(y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*)$  доминирующей  $x$  и доминируемой  $x^*$  альтернатив удовлетворяют неравенствам  $y_1 \geq y_1^*, y_2 \geq y_2^*, \dots, y_m \geq y_m^*$ , причем одно из этих неравенств (для некоторого номера  $k$ ) – строгое:  $y_k > y_k^*$ .

5. Множеством Парето – Эджворта или множеством Парето-оптимальных решений называется множество альтернатив  $x^*$ , которые не являются доминируемыми, т.е. таких альтернатив, для которых не существует доминирующих альтернатив  $x$ , удовлетворяющих отношению строгого предпочтения:  $x > x^*$ .

6. Практическая значимость множества Парето – Эджворта обусловлена тем, что любое решение  $x$  из множества альтернатив  $X$ , не входящее в  $P_f(X)$ , заведомо не может быть оптимальным.

7. Фронтом Парето называется множество векторных оценок, т.е. образ множества Парето – Эджворта в критериальном пространстве.

8. Удобнее строить фронт Парето, так как процедуру отбора Парето-оптимальных решений удобнее проводить в критериальном пространстве – это нагляднее геометрически и проще для вычислений.

9. Если критерий  $f_k(x)$  требует минимизации, то обычно выполняют преобразование  $M - f_k(x)$ , где константа  $M$  выбирается превышающей максимальное значение функции  $f_k(x)$ , так, чтобы преобразованный критерий  $M - f_k(x)$  оставался неотрицательным. Тогда преобразованный критерий требует максимизации. Это делает нагляднее геометрическую интерпретацию угла предпочтения и фронта Парето, а также делает проще вычисления при построении или аппроксимации множества Парето – Эджворта.

10. Угол предпочтения применяется только в задачах с двумя критериями эффективности.

11. Угол предпочтения – это прямой угол с вершиной в точке  $(y_1^*, y_2^*)$ , с бесконечными сторонами (лучами), направленными параллельно осям  $y_1$  и  $y_2$  в положительных направлениях осей, причем стороны угла (лучи) в него включаются, но вершина  $(y_1^*, y_2^*)$  не включается.

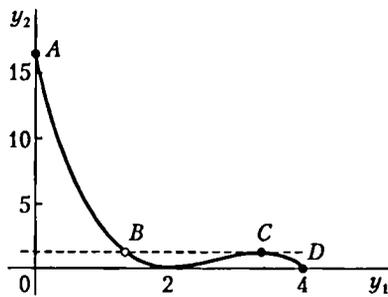
12. Угол предпочтения позволяет установить, входит ли точка  $x$  в множество Парето – Эджворта. Если в пределах угла предпочтения с вершиной в данной точке  $\bar{f}(x)$  окажется хотя бы одна из остальных векторных оценок множества  $Y$ , то точка  $x$  не входит в множество Парето – Эджворта. Если же угол предпочтения не содержит ни одной точки множества  $Y$ , то  $x$  входит в множество Парето – Эджворта.

13. Вместо угла предпочтения в любой точке  $(y_1^*, y_2^*, y_3^*)$  строится первый октант трехмерного пространства (т.е. одна из восьми частей, на которые пространство делят три координатные плоскости), сдвинутый путем параллельного переноса от начала координат к точке  $(y_1^*, y_2^*, y_3^*)$ . Эту область называют конусом предпочтения.

14. В множество Парето – Эджворта входят все три альтернативы. Конус предпочтения описывается неравенствами  $0,76 \leq y_1 \leq 1; 0,48 \leq y_2 \leq 1; 0,42 \leq y_3 \leq 1; 0,38 \leq y_4 \leq 1; y_5 = 1; 0,18 \leq y_6 \leq 1; -1,245 \leq y_7 \leq 0$  (это – шестимерный прямоугольный параллелепипед). Из множества Парето – Эджворта исключается первая альтернатива (Marle), если убрать первый частный критерий «математика» (т.е. математическая функциональность пакета). Для исключения еще одной альтернативы (Mathematica) нужно убрать еще два критерия: платформы (операционные системы – ОС) и цену.

15. Фронт, т.е. образ множества Парето – Эджворта, для замкнутой области альтернатив  $X$  полностью состоит только из граничных точек соответствующей замкнутой области векторных оценок  $Y$ .

16. Фронт Парето – кривая  $y_2 = 16 - 20y_1 + 8y_1^2 - y_1^3$  на участках  $0 \leq y_1 \leq \frac{4}{3}$  и  $\frac{10}{3} \leq y_1 \leq 4$ . Геометрически – это участки кубической параболы  $AB$  (не включая точку  $B$ ) и  $CD$  (см. рис.).



17. Сложность пространственных представлений лишает процедуру геометрического построения фронта Парето той наглядности, которая присуща углу предпочтения. Поэтому для  $m = 3$  и для большего числа критериев геометрическая интерпретация теряет эффективность.

18. Для трех и более критериев множество Парето — Эджворта лучше строить, применяя компьютерные программы и алгоритмы.

19. «Эталонные» многогранники, на которых достигается минимум расстояния по Хаусдорфу между фронтом Парето и многогранником, называются многогранниками наилучшей аппроксимации. Они могут служить образцом аппроксимации фронта Парето и полезны для изучения качества численных методов аппроксимации. Практический смысл асимптотической оценки порядка величины расстояния по Хаусдорфу при возрастании числа узлов состоит в том, что она показывает резкое падение точности аппроксимации с ростом числа критериев.

20. Адаптивные численные схемы отличаются тем, что процедура построения следующего приближения по найденному предыдущему не фиксирована, т.е. зависит от результатов уже выполненного расчета. Главное преимущество адаптивных алгоритмов состоит в возможности экономии ресурсов и расчетного времени за счет более интенсивного поиска точек в «перспективных» участках фронта Парето (с более высокими величинами частных критериев) и менее интенсивного поиска среди «неперспективных». Среди недостатков адаптивных алгоритмов: 1) неудобство итеративного построения аппроксимации при параллельных вычислениях на нескольких компьютерах; 2) непрактичность многократного взаимодействия пользователя с ресурсом, когда построение аппроксимации выполняется на специальном ресурсе, а расчет векторного критерия — на компьютере пользователя.

21. Выбор численного метода построения множества Парето определяется сложностью и особенностями многокритериальной задачи, спецификой предпочтений ЛПР и наличием соответствующего программного обеспечения и подходящей вычислительной техники для реализации алгоритмов.

**Наши книги можно приобрести:**

**Учебным заведениям и библиотекам:**  
в отделе по работе с вузами  
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: [vuz@urait.ru](mailto:vuz@urait.ru)

**Частным лицам:**  
список магазинов смотрите на сайте [urait.ru](http://urait.ru)  
в разделе «Частным лицам»

**Магазинам и корпоративным клиентам:**  
в отделе продаж  
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: [sales@urait.ru](mailto:sales@urait.ru)

**Отзывы об издании присылайте в редакцию**  
e-mail: [red@urait.ru](mailto:red@urait.ru)

**Новые издания и дополнительные материалы доступны**  
в электронной библиотечной системе «Юрайт»  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)

*Учебное издание*

# **ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

## **Том 1**

Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры

Под редакцией доктора экономических наук,  
профессора *В. Г. Халина*

Формат  $70 \times 100 \frac{1}{16}$ .  
Гарнитура «Petersburg». Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 19,45.

**ООО «Издательство Юрайт»**  
111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4а.  
Тел.: (495) 744-00-12. E-mail: [izdat@urait.ru](mailto:izdat@urait.ru), [www.urait.ru](http://www.urait.ru)

# Электронная библиотека (ЭБС)

издательства «Юрайт»

[www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)

Платить только за необходимое!



## Что продаем?

- ✓ Учебники ведущих научных школ страны от издательства «Юрайт».
- ✓ Учебники по новым ФГОСам – для прикладного и академического бакалавриата.
- ✓ Модули по узким дисциплинам.



## Сколько стоит?

- ✓ Вы можете выбрать только те учебники, которые нужны Вашим учащимся.
- ✓ Вы можете выбрать количество одновременных доступов к каждому учебнику.
- ✓ Издательство «Юрайт» поможет с подборкой учебников по Вашим дисциплинам.
- ✓ Один доступ к учебнику на год – в 5 раз дешевле печатного издания.



## Почему именно наша ЭБС?

- ✓ Качественный контент для образования.
- ✓ Доступ к переизданиям в течение подписки.
- ✓ Доступ к архиву издательства.
- ✓ Сервисы для библиотек и преподавателей.
- ✓ Система поиска по всем метаданным.
- ✓ Система поиска по дисциплинам и синонимам.
- ✓ Передача данных в библиотечный каталог в формате RUSMARC.



**Издательство «Юрайт»**

111123, Москва, ул. Плеханова, д. 4а, бизнес-центр «Юникон»

Тел./факс: (495) 744-00-12; e-mail: [vuz@urait.ru](mailto:vuz@urait.ru)